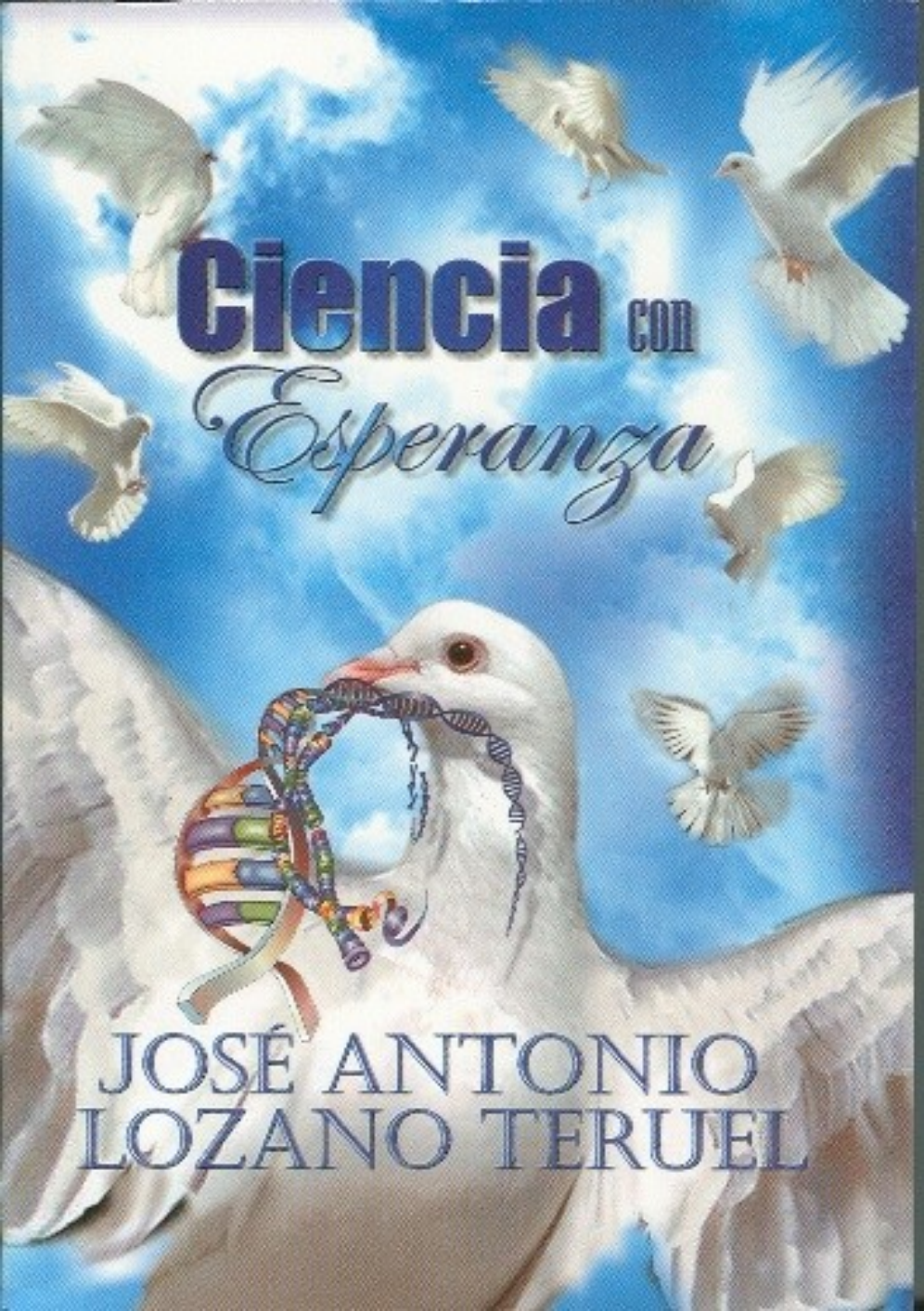
Ciencia con Esperanza



JOSÉ ANTONIO LOZANO TERUEL

José Antonio Lozano Teruel

Ciencia con esperanza

EDITA:

Alternativas de Comunicación, S.L.

© AUTOR:

José Antonio Lozano Teruel

DISEÑO PORTADA E ILUSTRACIONES:

Paco Hernández

DISEÑO, MAQUETACIÓN Y PREIMPRESIÓN:

C.P.D. Contraste, S.L.

IMPRIME:

Pictografía, S.L.

I.S.B.N.:

84-930313-3-X

D. LEGAL:

MU-2066-2002

ÍNDICE

	FECHA*	PÁG.
Prólogo		13
Naturaleza de la Ciencia y del Universo		
01. ¿Mata la Ciencia a Dios?	14-05-2000	021
02. Ciencia: ¿Ocaso o Renacimiento?	12-03-2000	027
03. La Europa (científica) sin fronteras	04-11-2001	035
04. Un espléndido balance	31-12-2001	041
05. La vanguardia de la Ciencia	07-01-2001	047
Astrofísica		
06. ESO: Un buen triunfo	06-02-2000	057
07. El final de Galileo	19-03-2000	063
08. Un réquiem celestial	18-06-2000	069
09. Un halo misterioso	07-05-2000	077

* Fecha de publicación en el Diario 'La Verdad' de Murcia.

	FECHA	PÁG.
10. La forma del Universo	01-04-2001	083
11. Las celestiales Canarias	26-03-2000	089
12. Jaime I y la Astrofísica	01-07-2001	095

Ciencia y pasado

13. Adanes: ¿Cuántos y dónde?	04-02-2001	105
14. El rey Mitrídates y la hierba de San Juan	11-03-2001	111
15. El banquete funerario del rey Midas	16-01-2001	117
16. Un láser resucita a Arquímedes	30-07-2000	125
17. ... Y, mañana, ¿es Navidad?	24-12-2000	131
18. La gran sequía maya	03-06-2001	137
19. Una familia con líos	15-04-2001	145
20. La catástrofe irlandesa	17-06-2001	151
21. ¿Quién fue el asesino?	08-07-2001	157
22. Mozart: Cuarteto de cuerdas, con autopsia	29-07-2001	163

Medio ambiente y vida saludable

23. Se nos mueren los corales	17-12-2000	173
24. Los gases del presidente Bush	29-04-2001	179
25. ¡Qué calor!	10-06-2001	185
26. Carburantes por las nubes	02-04-2000	191
27. Las tragadoras de gases	25-11-2001	199
28. La polución estrogénica	16-04-2000	205
29. La anticrómica Julia Roberts	23-07-2000	211
30. Nazis, judíos y tabaco	12-11-2000	217

	FECHA	PÁG.
31. El dilema	20-02-2000	225
32. ¿Quiere arrugar su piel?: ¡Fume!	30-04-2000	231
33. Oxígeno, fuente de vida y de muerte	25-06-2000	237
34. Los radicales libres oxigenados	02-07-2000	243
35. Filtros solares: ¿Protegen?	30-08-2001	251
36. Los flavonoides protegen contra las radiaciones	09-09-2001	257
37. Uranio rico, uranio pobre	13-05-2001	263
38. Energía: ética, sociología y ecología	14-01-2001	269

Alimentación

39. La Venus Ericina y el sopado de galletas	23-09-2001	279
40. Ionizar alimentos	08-10-2000	285
41. Ciencia amarga	28-05-2000	291
42. Slip, slap, slop y... ¿zanahorias?	09-07-2000	297
43. Antioxidantes y cáncer	17-09-2000	305
44. Máculas oculares y zanahorias	22-04-2001	311
45. Redescubriendo el ajenjo	05-11-2000	317
46. La alimentación del s. XXI.	23-12-2001	323
47. Probióticos: lo favorable	06-01-2002	331
48. Probióticos: lo discutible	13-01-2002	337
49. Pánico priónico	10-12-2000	343

Tecnología

50. Innovación para el desarrollo, reto inaplazable	23-01-2000	353
51. Fraudes y ciencia en el arte	11-06-2000	359

	FECHA	PÁG.
52. El mentiroso presidente Clinton	04-06-2000	365
53. Los biorrobots	16-09-2000	371
54. Nanotecnología microliliputiense	26-11-2000	379
55. ¿Habrá energía para todos?	21-01-2001	385
56. Un invento secreto y revolucionario	25-03-2001	391
57. La ciencia práctica	16-12-2001	397

Matemáticas, Física y Química

58. Información y comunicación: tecnologías	22-10-2000	407
59. El café y los plásticos conductores	29-10-2000	413
60. Adiós al Santo Grial	19-11-2000	419
61. ... ¡Y la luz se hizo!	18-03-2001	427
62. Los supercríticos	06-05-2001	433
63. Alternancia disolvente	20-05-2001	439

Biología y Fisiología

64. Las flores primaverales	21-05-2000	449
65. Domingo de Ramos, palmeras y ciencia	16-04-2001	455
66. De moas, emúes y casuarios	25-02-2001	461
67. La extraordinaria y sin igual Julia Creek	03-12-2000	467
68. La vida son 400 genes	08-04-2000	473
69. Motores y cajas de cambio vitales	14-10-2001	481
70. Elogio de la infidelidad (moderada)	30-09-2001	487
71. Señales en el cerebro	21-10-2000	493
72. Narices electrónicas	04-03-2001	499

	FECHA	PÁG.
73. ¿Qué es el dolor?	28-02-2001	505
74. DHEA, ¿la hormona rejuvenecedora?	23-04-2000	513
75. Proyecto proteoma humano	18-11-2001	519
76. Protagonistas	18-02-2001	525
77. Las armas del bioterror	28-10-2001	531
78. El ADN de Nueva York	11-11-2001	537
79. Genómica y Bioinformática: Disciplinas simbiontes	03-09-2000	543

Medicina

80. El efecto Mozart	27-05-2001	553
81. Soñar despiertos	13-02-2000	559
82. SIDA: La controversia Duesberg	16-07-2000	565
83. Diabetes: Esperanzas	01-10-2000	571
84. Asma y alergias: ¿Una epidemia?	16-09-2001	577
85. Besos con virus	30-01-2000	585
86. Legionella: La congresista distinguida	22-07-2001	591
87. Corazones menos cansados	27-02-2000	597
88. La producción de tejidos humanos	11-03-2001	603
89. Unas células maravillosas	09-01-2000	609
90. Totipotencia umbilical	15-07-2001	617
91. De clones, troncos y animales	02-12-2001	623
92. Xenotrasplantes: Barreras y planteamientos	09-12-2001	629
93. Lesiones medulares: ¿Soluciones cercanas?	05-03-2000	635
94. Telecirugía: Un inicio transatlántico	07-10-2001	643
95. Sydney: Fraudes en el podio	24-09-2000	649
96. La sangre ciclista	24-06-2001	655

Prólogo

El valor de la divulgación científica

Creo que una de las tareas más útiles y también más difíciles en la era actual es la de la divulgación de los conocimientos científicos. Útil, sin duda, porque -como insistiré más adelante- la sociedad necesita acercarse a la ciencia moderna y, en una cierta medida, comprenderla para beneficiarse mejor de ella. Extraordinariamente difícil, porque los avances científicos son complejos y se producen y suceden de forma exponencial y simultánea en muchos campos, desde la astronomía, a la medicina. Traducirlos a un lenguaje periodístico que permita una comprensión fácil a un público diverso y lograrlo sin que la imprescindible simplificación de los hechos empañe la verdad de los mismos, sin pedantería y sin caer en la vulgaridad es una tarea que está al alcance de muy pocos.

José Antonio Lozano lleva años consagrado con brillante éxito a esta importante labor divulgativa de la ciencia, sin merma de su reconocida dedicación como investigador y catedrático de Bioquímica. Lejos de refugiarse en la manida torre de marfil universitaria, el Prof. Lozano saca al periódico sus conocimientos para beneficio de todos, haciéndolo además de una forma que resulta interesante y atrayente. Como se ha dicho tantas veces, y el ejemplo de Santiago Ramón y Cajal es aquí paradigmático, el contacto directo del científico con la sociedad constituye una obligación más del investigador, aunque al ser por desgracia poco practicada muchos expresen un rechazo inmediato hacia temas que les resultan cuando menos farragosos y difíciles de entender. El compromiso del Prof. Lozano por informar de los descubrimientos científicos y de su significado a la sociedad en que la que vive es, sin embargo, irrebatible y, como sus lectores habituales ya han sabido apreciar y agradecer, la ciencia no tiene por qué ser inaccesible ni aburrida.

El libro ***Ciencia con esperanza***, que me honro en prologar ahora, hace el número 6 de una fecunda serie de ensayos publicados semanalmente en La Verdad, mi querido periódico de los años vividos en Murcia, y afortunadamente recogidos y editados luego en forma de libros. La proyección nacional que ha tenido esta importante labor divulgativa ha merecido ya un prestigioso galardón como indudable muestra de reconocimiento. Conoz-

co y admiro al Prof. Lozano desde hace tres décadas, además de ser mi amigo ha sido mi Decano y mi Rector. Por eso puedo afirmar que comprendo el éxito de estos ensayos, que unen la profundidad con la amenidad, claridad y total ausencia de pedantería. Hace falta poseer la vasta cultura y la clara inteligencia de José Antonio Lozano para lograr, incluso con una aparente facilidad y un toque de humor, fines tan complejos. A lo largo de las páginas que siguen podemos vislumbrar cómo el autor ha tenido en cuenta la imperativa exigencia de Unamuno de que es siempre preferible divulgar para el inteligente que vulgarizar para el diletante.

Nuestra formación intelectual está sometida a los imperativos del momento histórico que vivimos y debe reflejar el sistema de conocimientos y preocupaciones propios de nuestra época. Y en ninguna otra época de la historia ha ocupado la ciencia un lugar tan preeminente en la vida intelectual y material del hombre. Tenemos, sin duda, que aprender del pasado, pero no podemos vivir a espaldas de los conocimientos y problemas del mundo actual. La ciencia, que fue hasta hace poco motivo de preocupación para unos cuantos especialistas, afecta hoy, y de forma importante, a la vida de todos nosotros. Por eso es necesario que las personas educadas estén en condiciones de comprender la significación cultural de la ciencia y los problemas científicos, tanto más cuando la influencia de la ciencia en el siglo actual va a continuar creciendo. Quede, por tanto, patente que la penetración de la ciencia y la técnica en el mundo actual obliga a difundir los conocimientos científicos; no en sus detalles, pero sí en forma que toda persona culta pueda comprender en alguna medida la significación de los problemas científicos para el momento en que vivimos. Esto es lo que consigue, y de forma admirable, el Profesor Lozano en los capítulos de este libro. Es más, como él nos hace ver a lo largo de su obra, no podemos permanecer al margen de este fenómeno característico de nuestra civilización, tenemos que vivir con el desarrollo de la ciencia y no sería lícito culpar a ésta de consecuencias desastrosas para la humanidad si no hacemos el esfuerzo de comprenderla y encauzarla para los fines humanos.

En el primer capítulo (¿"Mata la ciencia a Dios?") se debaten las relaciones entre ciencia y religión, tema de honda repercusión en nuestra sociedad como lo refleja su frecuente aparición en los medios de comunicación. ¿Hay conflictos insalvables entre la religión y la ciencia moderna?. El autor nos presenta las posturas totalmente enfrentadas de diferentes científicos, y, a través de citas de Carl Sagan, Darwin, Allan Sandage y Einstein, nos hace ver que no existen soluciones fáciles al dilema ciencia-religión aunque sí es posible buscar puntos de encuentro. La ciencia persigue comprender y explicar los fenómenos de la naturaleza, mientras que la experiencia religiosa busca el sentido de la vida, aspectos que,

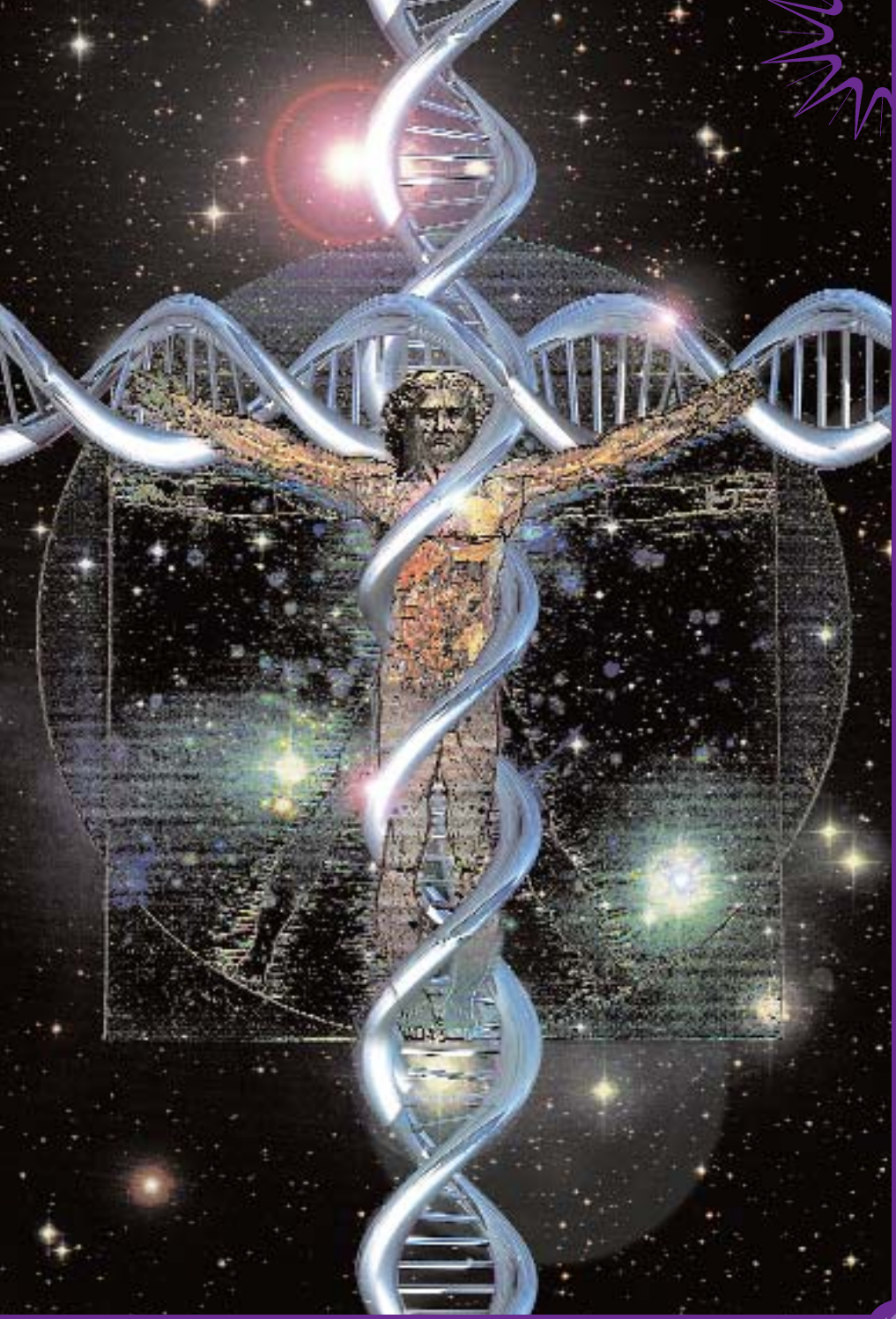
lejos de ser antagónicos, pueden ser perfectamente complementarios. Como dice el Prof. Lozano, es evidente que los avances científicos hacen que el rostro de Dios en la era de la biología molecular no pueda ser ya el del Dios de los antiguos, y parece más lógico pensar ahora en un Dios evolutivo, porque el mundo no está finalizado y sigue siendo creado, en vez de un Dios estático, inmutable. Agudamente, el autor nos recuerda el precepto bíblico del Deuteronomio de no construir imágenes definitivas de Dios.

La asombrosa capacidad de José Antonio Lozano para cambiar de tercio y tratar con autoridad muy diversos temas queda reflejada en el índice del libro, donde podemos observar la extraordinaria variedad de cuestiones consideradas por el autor: naturaleza de la ciencia y universo, astrofísica, medio ambiente y vida saludable, alimentación, tecnología, medicina, etc. y por los personajes tan dispares (Galileo, Arquímedes, Bush o Julia Roberts) que desfilan por sus páginas. Todos ellos encierran algo de palpitante actualidad (la faceta periodística del Prof. Lozano es patente, incluso a la hora de poner título a los capítulos) y de punzante motivo de reflexión. Vayan como ejemplos, el capítulo dedicado a la mejoría que podría producir la audición de la sonata para dos pianos K448 de Mozart sobre ciertas habilidades espacio-temporales o el dedicado al elogio a la infidelidad (moderada), tan importante en algunos procesos biológicos y entrevista ya por las observaciones de Heráclito de que todo fluye y nada es estacionario.

Termino reiterando a José Antonio Lozano mi doble agradecimiento: por el honor que ha supuesto escribir estas líneas y, como lector, porque me ha hecho aprender muchas cosas que no sabía o recordar otras que tenía olvidadas. Por todo ello, lo felicito y le animo a continuar su excelente y necesaria labor divulgativa, felizmente impregnada de ciencia rigurosa, sentido común y humanidad. Estoy seguro que los lectores de este interesante libro van a disfrutar con él al menos tanto como yo.

RAFAEL CARMENA RODRIGUEZ
Catedrático de Medicina. Universidad de Valencia
Premio Jaime I, año 2002, de Medicina Clínica

Naturaleza de la Ciencia y del Universo



© PACO HERNÁNDEZ

¿MATA LA CIENCIA A DIOS?

Carl Sagan, famoso astrónomo y escritor, fallecido en 1996, escribió que «No hay nada que tenga que hacer un Creador y, por tanto, cualquier persona capaz de pensar debería admitir la inexistencia de Dios». Por el contrario, el pasado verano, el Departamento de Educación de Kansas decidía eliminar la teoría evolutiva de Darwin del currículo educativo científico escolar, «por no estar de acuerdo con los relatos bíblicos».

Para el ser humano, en todas las épocas, ha constituido un afán constante el intentar comprender el mundo que le rodea y las normas o leyes a las que está sometido. Simultáneamente fue construyendo y divulgando una imagen de Dios que fuese compatible, en cada momento, con la concepción del mundo existente. Ello ha producido unas complejas relaciones entre la Ciencia y la Religión: ¿Conflicto e incompatibilidad?. ¿Posturas incomprendidas, más que antagónicas?. ¿Visiones complementarias?. Es imposible realizar un análisis del problema, siquiera somero, en los límites de una colaboración divulgativa como ésta. Por ello, nos limitaremos a relatar el modo en que las grandes transformaciones científicas han repercutido profundamente en los cambios realizados por la humanidad respecto a su imagen de Dios. Como referencia nos servirá una interesante monografía, «El rostro de Dios en la era de la biología», publicada hace unos pocos años en Cuadernos Fe y Secularidad, de la editorial Sal Terrae. Su autor, Ignacio Núñez de Castro, es un destacado investigador y catedrático universitario de Bioquímica y Biología Molecular, aparte de jesuita y doctor en Teología.

CIENTÍFICOS. El gran seguidor de Darwin y zoólogo alemán Ernst Haeckel entendió la evolución como la base de una explicación unificadora de toda la naturaleza y la razón de una aproximación filosófica que significaba la negación de la existencia de una causa final y de las teleologías de las iglesias. Acorde con ello, se expresaba así: «La creación por Dios es increíble y contraria a toda experiencia. No nos queda, pues, otro remedio que creer en la generación espontánea de las formas más simples de vida».

¿Ostentan una postura antirreligiosa similar la mayoría de los científicos?. Diversas encuestas, incluso recientes, indican que el modo de pensar de los científicos es muy parecido al del resto de la sociedad en la que se encuadran y que, a pesar del vertiginoso avance científico habido en los últimos años, tal avance no ha repercutido negativa y sensiblemente en sus creencias íntimas. Por ejemplo, como contrapunto del testimonio citado de Carl Sagan se puede aducir el de otro notable astrónomo actual, Allan Sandage, cuyas observaciones sobre las estrellas lejanas fueron determinantes para lograr conocer detalles sobre la edad y la expansión del Universo. Sandage, ateo practicante en su juventud, a los 50 años afirmó que: «fue mi ciencia la que me condujo a la conclusión de que el mundo es mucho más complicado que lo que puede ser explicado por la ciencia. Únicamente aceptando lo sobrenatural puedo comprender el misterio de la existencia». Asimismo, es cierto que muchos de los creadores de la ciencia moderna, como Copérnico, Galileo, Newton o Descartes, fueron profundamente creyentes. Incluso Darwin, a pesar de las presiones a las que fue sometido, nunca llegó a confesarse ateo, sino un discreto agnóstico: «jamás he sido un ateo en el sentido de negar la existencia de Dios». Y, más contemporáneamente, el gran Einstein llegaba a escribir que «La experiencia más bella y profunda que puede tener el hombre es el sentido de lo misterioso... el percibir que, tras lo que podemos experimentar, se oculta algo inalcanzable a nuestro espíritu, algo cuya belleza y sublimidad se alcanza sólo indirectamente y a modo de pálido reflejo, es religiosidad. En este sentido yo soy religioso».

IMÁGENES. Dejando aparte al Dios revelado cristiano, una primera gran imagen de Dios, sería la aristotélica, seguidora de la de Platón. Se trataba de un Ser Necesario, el Dios cosmológico nacido al contemplar el hombre, fascinado, el orden del cosmos y llegar a la conclusión de que, ante ello, resultaba lógica la exis-

tencia de un Ser principio y fundamento de todas las funciones y necesidades del Universo. Sería un Dios no participativo en la historia.

Sin embargo, la primera revolución de la Física, a comienzos del siglo XVII, hizo pensar que la ciencia, mediante el lenguaje matemático, sería capaz de descubrir la verdad global de la naturaleza. Por ello, desde entonces, hasta el siglo XIX, predominó una mentalidad mecanicista y determinista en la que el comportamiento de los sistemas complejos es el resultado del de sus partes, describibles mediante las adecuadas funciones. El mundo se podía considerar, siguiendo la exposición realizada por el Premio Nobel Ilia Prigogine, como un inmenso reloj, con mecanismos entrelazados sometidos a una racionalidad exterior, de acuerdo con un plan, que sus engranajes realizarían ciegamente. La consecuencia lógica fue la de llegar a la idea del Dios relojero, o del Dios arquitecto, una especie de Gran Planificador, al que se le podrían aplicar muchas de las perfecciones encontradas en la Teodicea cristiana: Ser Necesario, Absoluto, Autosuficiente, Impasible o Inmutable.

En la transición entre los siglos XIX y XX tuvo lugar la crisis del mecanicismo, con la aparición de conceptos científicos como la geometría no euclidiana, la teoría de la relatividad o los nuevos modelos atómicos. Además, el principio de incertidumbre de Heisenberg excluía las leyes determinantes totalmente exactas. El Universo físico no sería un accidente y no resultaba inteligible con los únicos recursos de la razón humana. Este enfoque ayudaba a sugerir la existencia de un Principio de Inteligibilidad, un Dios-Mente que, según Einstein, se revelaría en la armonía de lo existente, sin que fundamentalmente se hubiese de ocupar de los actos o suerte del hombre. Aunque, en todo caso, el carácter personal de Dios, su relativa comunicabilidad o incomunicabilidad, depende enormemente de la sensibilidad y personalidad de cada uno de los exponentes de este concepto de Dios.

BIOLOGÍA. La revolución biológica actual deja patente que la característica principal de nuestro mundo es la de la emergencia, es decir, la capacidad de reproducir y multiplicar estructuras muy complejas y organizadas, así como de desarrollar evolutivamente formas estructurales cada vez más complejas. La vida nos aparece como un orden surgido del caos, con un intercambio continuo de materia, energía e información. Y ello conduce a la biodiversidad, así como a la independencia y autonomía

de los seres vivos. Cada ser vivo, en su genoma, cuenta con un programa a desarrollar. En el ser humano el programa se hace consciente y la expresión más elevada de la emergencia es nuestra capacidad de decisión, de libertad. Y una pregunta se hace inmediata: ¿todo ello ocurre sin sentido, sin causa?.

Pretendería responder a esa pregunta una nueva idea de Dios. Se trataría de un modelo muy relacionado al considerado por Teilhard de Chardin con su ley de complejidad-conciencia: un Dios no estático, que más que Principio de Necesidad sería Principio de Emergencia. Un Dios evolutivo, parafraseando al Dios que, según algunos textos bíblicos, «hace las cosas nuevas». El mundo según nos dice la ciencia, sigue emergiendo, no está finalizado. En términos teológicos ello significa que el mundo sigue siendo creado y que el Dios evolutivo sería el futuro del mundo. Es curioso que esta idea de un Dios evolutivo está en bastante consonancia con el, en la práctica olvidado, precepto bíblico del Deuteronomio de no construir imágenes definitivas de Dios.

CARL SAGAN

Nacido en 1934 y fallecido en 1996, víctima de una rara y penosa enfermedad, sus contribuciones científicas fueron muy importantes, descubriendo las altas temperaturas superficiales de Venus o las causas de los cambios estacionarios observados en Marte, colaborando muy notablemente en el éxito de las misiones espaciales Mariner, Viking y Voyager. El asteroide 2709 Sagan fue bautizado en su nombre. Sus excelentes libros y series televisivas de divulgación alcanzaron y siguen alcanzando un gran éxito popular. Su ateísmo perduró hasta el final, como indicaba su esposa, Ann Druyan: «no hubo conversión en su lecho de muerte... Carl nunca quiso creer. Quería saber».

NOBELES

El Premio Nobel de Física de 1977 Steven Weinberg, de la Universidad de Texas, declaraba hace unos años que conforme el Universo se conocía mejor a tra-

vés de la cosmología, más parecía carecer de sentido. Charles Townes, Premio Nobel de Física en 1964, por sus descubrimientos sobre el láser, va más allá: «Muchos tenemos el sentimiento de que alguna inteligencia está involucrada en las leyes del Universo». Y otro distinguido físico, John Polkinghorne, quien en 1982 se hizo sacerdote anglicano, escribía: «Cuando somos conscientes de que las leyes de la naturaleza deben ser extraordinariamente precisas para producir el Universo que vemos, se plantea la idea de que el Universo no simplemente sucedió, sino que debe haber un propósito tras ello».

VATICANO

En Castelgandolfo, el Vaticano auspició recientemente una reunión de diversos eminentes científicos para conmemorar el 300 aniversario de la publicación de la obra Principio Mathematica de Newton. Concretamente, la intervención de Franck J. Tipler se ocupó del Dios evolutivo, que evoluciona en la medida que lo hace el Universo. Se trataría de un Dios hacia delante, que fuese principio y fin, el futuro absoluto, evolucionando y haciendo evolucionar, viviendo y haciendo vivir a todo ser viviente. Alejado, por tanto, por una parte de una imagen inmutable de la divinidad y, por otra, del «totalmente otro» Dios humanizado característico de algunas tendencias teológicas modernas.

CIENCIA: ¿OCASO O RENACIMIENTO?

En la mitología romana Jano es el dios de los comienzos. Al igual que sucede en la moneda con su efigie que se conserva en la Biblioteca Nacional de París, la cabeza de Jano contaba con dos rostros, con barba o sin ella, uno mirando en un sentido y el otro dirigido al sentido contrario.

Este intento de visión simultánea hacia el pasado y el futuro se reproduce, en todos los ámbitos, en las ocasiones cercanas a los comienzos de siglo o de milenio como la actual. La ciencia, como hecho asociado a la evolución humana, es un acontecimiento de muy corta duración. El que podríamos denominar más o menos humorísticamente como homo cientificus sólo representaría unas pocas milésimas del tiempo del total que sobre la Tierra ha permanecido el homo sapiens.

Nadie duda del carácter exponencial que tiene, a lo largo del tiempo, la curva que muestra el número e importancia de los hallazgos científicos que hasta ahora hemos conocido pero, en el futuro, ¿continuará al mismo ritmo esta tendencia? O, por el contrario, ¿es el fenómeno científico un brillante, pero efímero destello en el transcurrir evolutivo del hombre?. Alguna luz al respecto pueden proporcionar la serie de actividades organizadas por la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia para celebrar sus primeros 25 años de existencia, que incluyen un ciclo de conferencias sobre «Los desafíos de la Ciencia en el siglo XXI» en el que se debatirá sobre el previsible ritmo de avances científicos en este mismo siglo.

DUDAS. El profesor Juan Carlos Argüelles, coordinador del ciclo, en su presentación plantea muy bien el problema, al indicar que comienza un nuevo siglo y milenio donde la investigación científica tiene planteados numerosos y serios interrogantes contemplados por toda la humanidad, con una mezcla de esperanza y recelo, pero que el progreso de la Ciencia, como la evolución de la propia vida es, en sí misma, impredecible.

Las posturas críticas respecto a la capacidad para que el avance de la Ciencia continúe al mismo o mayor ritmo que el actual se pueden polarizar en dos grupos:

a) En primer lugar el de los antirracionalistas, que no quieren admitir que la Ciencia invada terrenos que ellos consideran impropios de la misma. Como ejemplo se puede aportar el del presidente checo Váchav Havel, quien expresaba sus deseos de que la disolución del Estado comunista significase el final de la «era moderna, dominada por la creencia fundamental... de que el mundo y el ser propiamente tal es un sistema cognoscible gobernado por un número finito de leyes universales que el hombre puede aprehender o dirigir racionalmente...».

b) En segundo lugar otras muchas personas, incluyendo a eminentes científicos, que opinan, como Bentley Glass, ex-presidente de la principal asociación mundial de científicos, la AAAS (American Association for Advancement of Science): «Somos como los exploradores de un gran continente... Aún quedan innumerables detalles por esclarecer pero los horizontes sin fin han dejado de existir».

OCASO. Para John Horgan, conocido analista científico de la importante revista científica Scientific American, no existe duda al respecto. La mejor demostración de ello es uno de sus libros, verdadero éxito de ventas en muchos países en los que se ha traducido, entre ellos España. Se titula «El fin de la Ciencia». Por si ello no fuese suficientemente claro su subtítulo reza «Los límites del conocimiento en el declive de la era científica». Su conclusión principal es la de que la curva sigmoide que puede representar el nacimiento, desarrollo y estancamiento de cualquier acontecimiento o hecho, en el caso de la Ciencia ya ha alcanzado o está a punto de alcanzar su meseta superior final. Todas las grandes bases científicas ya están establecidas y se fundamentan en las leyes de la mecánica de Newton, la

teoría de la selección natural de Darwin, la teoría general de la relatividad de Einstein y la de la mecánica cuántica.

A partir de esta situación lo único que queda es ir completando huecos y detalles, pero no se pueden esperar nuevos hallazgos básicos sensacionales. Para fundamentar su argumentación Horgan se vale del testimonio de numerosas entrevistas que durante la primera mitad de la década de los 90 mantuvo con muy importantes biólogos, filósofos, físicos, antropólogos, etc. mundiales. Más que entrevistas al estilo clásico se trata de conversaciones sobre la situación y perspectivas de la Ciencia, pero también de la visión que tiene cada uno del Universo, la vida, la consciencia, la trascendencia, etcétera. Ello da pie a los diversos capítulos de la obra que versan sobre el fin del progreso, de la filosofía, de la física, de la cosmología, de la biología evolucionista, de la ciencia social, de la neurociencia, de la caoplejidad y de la limitología, para terminar ocupándose de la teología científica o el fin de la ciencia máquina, con el problema de la gran pregunta o de un posible Dios que parece estar ocupado en mirarse las uñas. El libro de Horgan finaliza con la frase «...Y ahora que la Ciencia –la verdadera, la pura, la empírica– ha tocado a su fin, ¿queda ya algo en qué poder creer?».

FUTURO. El punto de vista opuesto lo podemos encontrar en otro analista y editor científico, John Maddox, de la revista Nature, en un libro muy interesante, también de gran éxito y traducido en diversos países, entre ellos España, con el expresivo título de «Lo que queda por descubrir» y el subtítulo de «Una incursión por los problemas aún no resueltos por la Ciencia, desde el origen de la vida hasta el futuro de la humanidad». Lo finaliza así: «Las preguntas se han hecho más interesantes y exigen más esfuerzo... Los problemas aún no resueltos son gigantescos. Mantendrán ocupados a nuestros hijos y a los hijos de nuestros hijos durante siglos, y tal vez hasta el final de los tiempos».

También muy importantes revistas científicas del mundo, como Nature (en sus diversas ediciones), Science, Scientific American, Science News, etc. se han venido ocupando en estos últimos meses de los grandes retos científicos que restan por aclarar y que se pueden expresar, como lo hacía una de ellas, en formas de

preguntas: a) Nuestro Universo, ¿cómo surgió y es?, ¿es único o es un ejemplar de un más amplio Multiverso?, ¿qué es la materia invisible o negra?, ¿existe vida extraterrestre en otros lugares del Universo?; b) En Física, ¿se localizarán las partículas de Higgs?, ¿y el gravitón?, ¿cómo explicar los modelos más complejos que el estándar?, y, sobre todo, ¿se descubrirá la ley unificadora de la Física, es decir, la ley unificadora de la teoría estándar y de la teoría de la relatividad?; c) En Biología molecular, ¿conoceremos todos los secretos escondidos de los genes?; ¿se aplicará adecuadamente el conocimiento del genoma de modo individualizado para la prevención, diagnóstico y terapia?, ¿se establecerán con precisión todas las etapas evolutivas de la vida sobre la Tierra?, ¿se producirá vida en el laboratorio?; d) Respecto al cerebro, ¿qué es realmente la consciencia?, ¿de qué modo emerge el conjunto de procesos que llamamos mente?, ¿cuáles son las bases biológicas de procesos como la imaginación o la capacidad de decisión?; e) De nuestra vida y entorno, ¿retrasaremos importantemente el proceso de envejecimiento?, ¿seremos capaces de conocer, predecir y controlar los factores que determinan el clima?.

De la importancia que les otorguemos a estas interrogantes dependerá nuestra propia postura personal en el dilema ¿ocaso o más relevancia futura para la Ciencia?

ALIMENTACIÓN Y SALUD

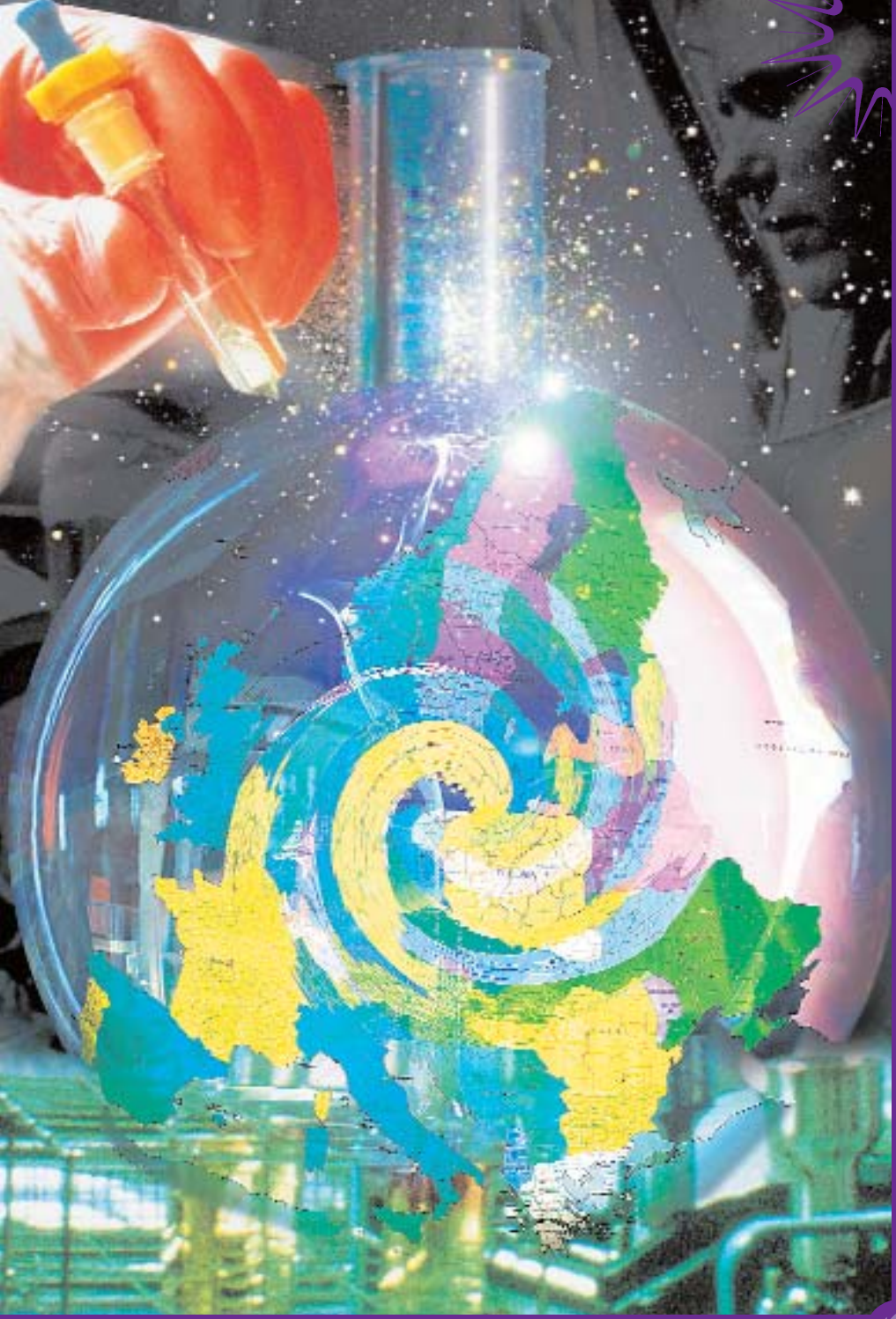
La pecana es un tipo de nuez americana, más alargada que la común, con la cáscara más lisa y con una mayor proporción de fruto. Antes del descubrimiento de América ya era un alimento corriente en la dieta de los nativos. Ahora, una investigación realizada en la Universidad estatal de Nuevo México ha demostrado que el consumo, durante dos meses, de unos 70 g diarios, es decir 3 ó 4 nueces diarias hace descender en un 10% los niveles de lipoproteínas LDL, popularmente conocidas como «colesterol malo». La causa se atribuye a su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados, sin olvidar que también son una buena fuente de fibra, vitamina E, cobre y magnesio.

DESESPERANZA Y CORAZÓN

Los sentimientos de desesperanza no son buenos para el corazón. Así lo pone de manifiesto una investigación realizada sobre más de 600 varones finlandeses de mediana edad durante cuatro años. Aquellos que tenían profundos sentimientos de desesperanza estuvieron más predispuestos a desarrollar hipertensión. En concreto, un 37% de ellos, mientras que este porcentaje se redujo al 23% para los varones con moderados sentimientos de desesperanza, y a un 17% para los que no tenían este sentimiento o tan sólo lo presentaban de un modo leve.

PROTECCIÓN SOLAR

Una dieta rica en sustancias antioxidantes, según una investigación recién publicada en la Revista Americana de Nutrición Clínica, puede ayudar a proteger algo la piel contra los efectos nocivos de las radiaciones UV presentes en los rayos solares. Científicos alemanes han encontrado que las personas que consumen una cantidad diaria de al menos 25 miligramos de carotenoides desarrollaban una mayor protección equivalente a 2,4 puntos en la escala de factores de protección solar. Si también se tomaban suplementos de vitamina E entonces el factor de protección podía llegar a valer 3.



© PACO HERNÁNDEZ

La Europa (científica) sin fronteras

LA EUROPA (CIENTÍFICA) SIN FRONTERAS

La clase política española se prepara para las grandes reuniones y declaraciones a realizar previstas para la inmediata presidencia semestral española de Europa, donde nuestro país pretende ser un socio destacado y poseer un cierto relieve propio. Teniendo en cuenta que en los próximos días se celebra la Semana Europea de la Ciencia nos podemos preguntar ¿cuál es la situación relativa europea? y ¿cuál es la de nuestro país?.

Hoy en día, la ciencia y el desarrollo tecnológico constituyen los referentes más sólidos para evaluar la modernidad de un país y las esperanzas de su futuro. Pues bien, en Japón, por cada 1.000 trabajadores existen 9,26 investigadores y tecnólogos, cifras cercanas a los 8,08 de los Estados Unidos y bastantes superiores a los 5,28 de la Unión Europea (UE). Las respectivas intensidades de los esfuerzos en Investigación y Desarrollo, expresados en forma de porcentaje de PIB son 2,91 (Japón), 2,62 (EEUU) y 1,92 (UE). La divergencia se ha ampliado, ya que en los últimos cinco años los respectivos porcentajes en los ritmos anuales de crecimiento fueron del 4,13 (Japón), 5,55 (EEUU) y 3,03 (UE). En cualquier caso la calidad tecnológica europea ha mejorado en los últimos años, de modo que, sin llegar al 25,04% (EEUU), alcanza el 18,49% de todas las exportaciones mundiales de alta tecnología.

ESPAÑA/EUROPA. ¿Cómo está España?. Unos pocos datos nos bastan para hacernos una idea al respecto. Nuestro esfuerzo en I+D (en términos de % del

PIB) es aproximadamente la mitad que el de la media de la UE y está desde hace más de una decena de años prácticamente estancado, a pesar de las promesas sucesivas de nuestros gobernantes. Las consecuencias son las previsibles: baja masa crítica científica, recursos raquíticos causantes de que exista una gran escasez de jóvenes investigadores en nuestras Universidades, insuficiente desarrollo tecnológico, aparte de que el destino preferente de los escasos recursos sean iniciativas de brillantes fachadas externas centralistas, descuidando la siembra equilibrada a lo largo y ancho de todo el país. Como contrapartida esperanzadora, el hecho de que nuestros científicos y tecnólogos suelen ser buenos y destacan en los centros científicos internacionales por donde pasan. También, que algunos gobiernos autonómicos, como el valenciano, están siendo sensibles al problema y llevan a cabo iniciativas científicas y tecnológicas loables. Sin embargo, en bastantes autonomías, el sistema de innovación y desarrollo languidece mientras que en el resto del mundo el ritmo en estos temas es realmente frenético.

Sería muy importante que no desaprovechásemos los nacientes esfuerzos europeos por crear una especie de «Espacio Europeo para la Investigación». La construcción europea recorre un camino lleno de dificultades y tropiezos, pero el ejemplo de la moneda única puede que también sea extrapolable a la Ciencia. Recordemos que fue en 1970 cuando una comisión encabezada por el primer ministro de Luxemburgo, Pierre Werner, propuso la unión monetaria completa entre los miembros de la que entonces era la Comunidad Económica Europea. 30 años después esa idea se hace realidad, aunque algunos países como el Reino Unido aún están situados en la zona de espera.

EIE. En relación con la Ciencia, en 1973, Ralf Dahrendorf, entonces comisario, europeo para la Investigación, sugirió la creación de un Espacio Científico Europeo, en el seno del cual los diferentes gobiernos coordinasen sus políticas nacionales de investigación. Pero la idea languideció de tal guisa que fue completamente olvidada, hasta que el pasado año la resucitó, en forma de nueva y gran idea, sin saber de su existencia previa, el actual comisario de la materia, el físico belga Philippe Buquin, bautizada como un Espacio Investigador Europeo (EIE). Según sus palabras, «No se puede decir que actualmente haya una política europea de investigación. Las políti-

cas nacionales de investigación y la de la UE solapan e interfieren sin formar un todo coherente». Sin embargo, existen fuertes y evidentes razones para procurar el desarrollo de un EIE. La Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+DT) europeos son una obligación derivada del Tratado de Amsterdam, que señala que constituyen un elemento esencial para un mayor empleo, una adecuada competitividad empresarial, y unos mejores niveles de bienestar, así como un excelente apoyo para otras políticas, como las de conservación del medio ambiente o de protección al consumidor. Además, se hace necesaria la colaboración investigadora europea, ya que la investigación de alto nivel cada vez es más compleja e interdisciplinaria, es más costosa, y exige la existencia de una gran masa crítica científica. Por ello, los grandes esfuerzos ya no pueden realizarse por grupos o laboratorios investigadores aislados, ni aun empresariales. Frecuentemente, ni siquiera un país entero tiene suficiente capacidad para jugar un papel destacado en áreas científicas de vanguardia.

El EIE fomentará la movilidad de los investigadores y ayudará a la lucha contra la permanente tendencia europea a la fragmentación. Para conseguirlo, están cristalizando diversas iniciativas. Entre ellas, la más importante es la puesta en marcha del 6.º Programa Marco para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico 2002-2006, dotado con 17.500 millones de euros. Su propósito principal será incentivar los esfuerzos europeos que favorezcan la existencia del EIE. Una crítica expresada por bastantes investigadores europeos es la de que se pondrá demasiado énfasis en los grandes superproyectos europeos cuando la realidad de muchos países de la UE, incluida España, es su necesidad de potenciar la masa crítica científica e investigadora a través de ayudas, aparentemente menos vistosas pero, sin duda, con mayor eficacia práctica.

SEMANA. La Semana Europea de la Ciencia y Tecnología que se celebrará los días próximos pretende concienciar a los ciudadanos europeos sobre estos temas, a través de siete iniciativas subvencionadas por la Comisión Europea con cerca de dos millones de euros, desarrolladas en casi una veintena de países. El proyecto EUROPAWS pretende acercar la Ciencia a los medios de comunicación, principalmente la TV, mediante premios a proyectos concretos y la realización de un festival de programas científicos de TV. El proyecto VIDA EN EL UNIVERSO va dirigido a los estu-

diantes europeos de secundaria, para que presenten su concepción respecto al desarrollo del Universo, plasmándola en proyectos que pueden ir desde una página Web a una pieza teatral. La tercera actividad es BIOTECH EUROPA que, entre otros países se desarrollará en España, en la que se abordarán las peculiaridades de la biotecnología vegetal («Genes en el menú») y una conferencia-debate sobre áreas de la salud, alimentación y el medio ambiente, con un filme (también disponible en DVD, vídeo e Internet) que se proyectará en diversos museos europeos.

INFOPLANETA es otra actividad dirigida al público en general y a los estudiantes de secundaria, en particular, con exhibiciones educativas en Roma, Tesalónica, Barcelona y Oporto. Bajo el reclamo de Leonardo da Vinci, Linneo y Darwin, PUSH (Public Undertanding of Science and Health) es una asociación y actividad en la que participarán centenares de profesores y expertos quienes durante tres días darán charlas y mostrarán aplicaciones científicas, como la expresión de una proteína fluorescente en bacterias, bioluminiscencia, aplicaciones inmunológicas y biotecnología vegetal. El proyecto LO PEQUEÑO ES BELLO se desarrollará en el Reino Unido sobre temas de la vida diaria, movilidad, electrónica y comunicaciones: microsistemas controladores de airbag, narices electrónicas, ayudas a la movilidad de discapacitados, etcétera. AMIGOS ENERGÉTICOS es la última actividad que se desarrollará en varios países nórdicos, para fomentar entre jóvenes estudiantes todo tipo de iniciativas energéticas.

En suma, que la Europa sin fronteras, lentamente va unificando y armonizando su moneda, su economía, su política, su defensa, pero también su Ciencia e Investigación. Y en estos dos últimos apartados el esfuerzo que ha de realizar España es realmente enorme. Es nuestra asignatura pendiente.

ESF

La Fundación Europea de la Ciencia, ESF (European Science Foundation), bajo la dirección del profesor Banda, un prestigioso científico catalán, viene desarrollando una labor muy importante para fomentar la colaboración científica europea.

De ello, en alguna ocasión se han ocupado estas páginas. Se trata de una asociación de diferentes Agencias europeas de Investigación. Así, el pasado año su programa EUROCORES fue patrocinado por estas Agencias, que estuvieron de acuerdo en financiarlo con varios millones de euros, seleccionándose los proyectos con una comisión global única europea.

MOVILIDAD

Una gran prioridad para el EIE será la de intentar eliminar los obstáculos que se oponen, a la libre movilidad de los científicos e investigadores europeos. De acuerdo con el comisario Busquin, se debe conseguir que los investigadores europeos puedan trasladarse entre los centros europeos, de modo semejante a como sus compañeros americanos lo hacen por ejemplo, entre Nueva York y San Francisco, buscando dónde desarrollar un proyecto con las mayores garantías de éxito. El 6.º Programa Marco destinará 1.800 millones de euros a «Recursos Humanos», incluyendo fondos para especializaciones y ayudas posdoctorales. Para conseguir la movilidad la Comisión propondrá reformas en las legislaciones nacionales relacionadas con la armonización de los derechos sociales y académicos.

CRÍTICAS

El Programa Marco en elaboración que apoyará el ElE, propone no dar prioridad a los proyectos colaborativos pequeños que han caracterizado a los Programas anteriores. Su prioridad será los de gran volumen y la implantación de infraestructuras. Para ellos existirán «Redes de Excelencia» (proyectos multidisciplinarios de ciencia fundamental) y «Proyectos Integrados» (relacionados con grandes esfuerzos industriales de (I + D). Muchos científicos de toda Europa se han apresurado a criticar esa filosofía («efecto San Mateo»: dar más al que más tiene) afirmando que potenciará a los ya más potentes y que no garantizará un acceso igualitario a los fondos europeos por parte de todos los científicos europeos cualificados.

UN ESPLÉNDIDO BALANCE

El final de año, siglo y milenio se presta, de modo espontáneo, a la realización de un balance sobre lo acaecido atrás y las perspectivas futuras. También en la ciencia, más aún cuando la ciencia actual penetra en todos los aspectos de la existencia humana, no sólo en el terreno de la tecnología y hábitos de vida sino, incluso, en nuestra concepción del mundo, de la vida, de la propia existencia.

No es de extrañar, pues, que algunos de los principales foros mundiales de la ciencia también realicen balance científico en estas fechas de paso del año 2000 al 2001. Y nunca había habido tanta unanimidad como hasta ahora. Solamente nos vamos a referir a dos de estos foros, los correspondientes a las revistas Science y Popular Science. En ellas ha habido coincidencia: los honores científicos del año pasado e, incluso, del siglo y del milenio, corresponden al conocido como Proyecto Genoma Humano, al que acompañan otra docena de importantes consecuciones. A ello dedicaremos esta colaboración y en la próxima también comentaremos brevemente las principales predicciones futuras, el principal fiasco del año, etcétera.

GANADOR. El genoma (los genes) de los seres vivos es la antorcha que transporta la vida de una generación a la próxima en todos los organismos vivos. Y cada genoma, sus moléculas de ADN, están «escritas» en un lenguaje cuyo alfabeto consta sólo de cuatro letras, sin espacios de separación entre las palabras, todas

ellas de tres letras, siendo cada palabra de tres letras la codificadora de uno de la veintena de aminoácidos diferentes que en forma de largas secuencias constituyen cada proteína o enzima.

El año 2000 ha sido emblemático para los científicos empeñados en descifrar este «libro de la vida», obteniendo billones de bytes de datos de secuencias, como consecuencia de una afortunada concurrencia de conceptos y metodologías de la biología, química, física, matemáticas, ingeniería e informática. El avance realizado ha sido fantástico. Hace un año se conocían las secuencias genómicas de unos pocos microorganismos y de un solo organismo pluricelular, el del pequeño gusano Caenorhabditis elegans.

¿Cómo es la situación actual?. Aparte del propio genoma humano, se han completado o están finalizando los genomas de unas cinco docenas de microbios (incluyendo los responsables de la meningitis o el cólera), de la mosca de la fruta, de la planta Arabidopsis thaliana, del ratón, de la rata, del pez cebra, o del venenoso pez globo o pez pelota. Otro dato: en mayo de 1999 los archivos públicos habían registrado unos 700 millones de datos del genoma humano; en mayo del 2000 la cifra se había cuadruplicado y el pasado agosto se superó la cifra de 4.000 millones de datos. Se han completado los cromosomas 21 y 22 humanos. Y lo mejor de todo es que la mayor parte de este aluvión de datos está accesible gratuitamente para todos los científicos del mundo, ocasionando que la Genómica, el estudio de los datos genómicos, se haya convertido en uno de los campos científicos más activos actualmente. Ello ha sido posible por la acción combinada de la investigación pública y privada, que se inició como una feroz competición y que se ha transformado en una fructífera y colaborativa competición.

PERSPECTIVAS. Una de las consecuencias más inmediatas ha sido la de descubrir que tenemos más en común con el resto de los seres vivos terrestres de lo que previamente habríamos sospechado. Mirando hacia atrás, ello nos permitirá conocer con más detalle los caminos de la evolución humana y los análisis comparativos de secuencias nos descubrirán la historia de las migraciones prehistóricas humanas.

También, el Proyecto Genoma Humano, con el estudio de los genes humanos

y el de otros seres vivos, ha conducido al descubrimiento de los componentes genéticos de muy diversas enfermedades. Entre ellas se encuentran diversos tipos de cáncer de mama (el gen BRCA2 hace a las mujeres más susceptibles), la ceguera total al color, sordera genética, ciertas epilepsias, Alzheimer y un largo etcétera, lo que permitirá desarrollar métodos eficaces de detección de susceptibilidades a las enfermedades y, con ello, abordar las adecuadas prevenciones o terapias tempranas. Todo ello con independencia del deseable despegue futuro de la Terapia Génica.

Los investigadores ya están usando las nuevas tecnologías para estudiar multitud de genes así como sus proteínas codificadas. Con millares de bits de información genética se fabrican chips genéticos que están permitiendo investigar simultáneamente la expresión cualitativa y cuantitativa de millares de genes. Ello está posibilitando un conocimiento más profundo sobre aspectos tan interesantes como la heterogeneidad del cáncer, las causas del envejecimiento o la complejidad de nuestro sistema inmunológico. En el año 2000 se ha realizado otra aproximación tecnológica parecida a las ya existentes con los ADN, pero basada en proteínas. Así, con un estudio de interacciones entre proteínas, usando la información procedente de 27 proteínas de un nematodo, los investigadores han sido capaces de descubrir las funciones de otras 100 proteínas que, hasta ahora, constituían un misterio total.

Sin duda, con el futuro conocimiento genómico humano individualizado, por medio del conocimiento de los conocidos como polimorfismos de nucleótidos simples, la medicina conseguirá alcanzar la etapa en la que los medicamentos y otros tratamientos médicos se podrán ajustar a la medida de los genes de cada enfermo en lugar de tratar sus síntomas físicos externos.

EL FIASCO. El que se puede llamar el mayor fiasco científico del año 2000, fue el descubrimiento del Archaeoraptor, o soñado enlace perdido entre las aves y los dinosaurios, un problema muy candente, merecedor de su presentación por todo lo alto, a finales de 1999, en las páginas de la revista National Geographics. El fósil, con 125 millones de años de antigüedad, consistente de dos porciones, un cuerpo y una cola, procedía de la provincia de Liaoning, en China, muy rica en yacimientos de dinosaurios emplumados y otros fósiles.

En febrero de 1999 se había presentado ese fósil en una exposición americana, donde fue comprado por 80.000 dólares por el artista y paleontólogo amateur Stephen Czerkas. Czerkas le pidió a un paleontólogo amigo, al Dr. Philip Currie, que fuese coautor de un artículo que describiese el descubrimiento, y este científico puso como condición que el fósil fuese devuelto a China. El Dr. Currie mencionó el hecho a la revista National Geographics que, sin más preámbulos, en octubre de 1999, publicó con gran despliegue informativo la descripción y el nombre propuesto para el hallazgo. Pero cuando el Dr. Currie examinó los restos detenida y personalmente no pudo descubrir la conexión entre cuerpo y cola, aunque siguió pensando que procedían del mismo animal.

Pronto, todo se vino abajo, cuando el Dr. Xu Xing, del Instituto de Paleontología y Paleoantropología de Vertebrados de Beijing, notificó la existencia de un hallazgo de otra cola semejante a la que se había adjudicado al dinosaurio Archaeoraptor. Profundos e incuestionables estudios científicos, publicados en Nature y en Science demostraron que ese tipo de cola o rabo no estaban unidos a ningún animal volador sino a un tipo de dinosaurio corredor conocido como dromaesaurio. En el mes de abril del año 2000 National Geographics, tras un estudio asesorado por un gran panel de científicos, hubo de reconocer que los restos del buscado enlace perdido Archaeoraptor realmente pertenecían a dos animales distintos. Se había desvanecido el hallazgo del posible eslabón perdido entre las aves y los dinosaurios.

CONTROVERSIAS

Uno de los campos científicos más controvertidos del año es el de la ética biomédica. Un ejemplo de las discusiones sería el de las habidas tras la muerte del joven de 18 años Jesse Gelsinger, sujeto de un intento clínico de terapia génica. Existieron dudas razonables sobre si se respetaron los protocolos de seguridad imprescindibles en estas nuevas fronteras terapéuticas. Otro ejemplo, es el de diversas investigaciones de prevención del SIDA en el Tercer Mundo en las que se usan placebos para los controles. La Asociación Médica Mundial, el

pasado octubre, concluyó que el uso de placebos sólo sería admisible en el caso de que no existan otras terapias disponibles para comparar.

AGUA EN MARTE

Tanto para la revista Science como para Popular Science, uno de los acontecimientos científicos más destacables del pasado año fue el de los indicios de existencia de agua líquida en el interior de Marte, muy cerca de su superficie. En 1880, muchos científicos creyeron ver canales sobre la superficie del planeta. Después se creyó que la superficie de Marte se había secado hace unos mil millones de años y que sólo quedó algo de agua congelada enterrada profundamente en sus polos. Los nuevos datos proceden de las cámaras a bordo de la nave Mars Global Surveyor y el descubrimiento, de confirmarse en los próximos años, facilitaría la futura colonización del espacio extraterrestre por los humanos.

MÁS AGUA

La probable presencia de agua de Marte, se une a la creciente evidencia en el año 2000 de la existencia de un océano salado, en la superficie de la luna Europa, perteneciente a Júpiter. En este caso los datos proceden de la nave espacial Galileo, de cuyas aventuras nos hemos ocupado detalladamente en otras colaboraciones, considerándose sus descubrimientos del pasado año entre los hechos más destacables acaecidos. Como la mayor parte de los investigadores están convencidos de que el agua es necesaria y esencial para la existencia de la vida, estos hallazgos han hecho renacer el interés sobre la posibilidad de hallar vestigios de vida en nuestro más próximo entorno del sistema solar.

LA VANGUARDIA DE LA CIENCIA

En la anterior colaboración nos ocupábamos de algunos de los principales acontecimientos científicos del año 2000. Para completar el panorama, en este artículo intentaremos destacar algunos más y predecir cuáles son los campos científicos concretos en los que se realizarán, en el año que empieza, los avances más espectaculares.

Para ordenar las materias resumimos los temas comentados distribuidos en tres amplios apartados: a) Universo y materia; b) Tecnología; c) Biología.

UNIVERSO. En el artículo anterior nos referíamos a los datos que abonan la posibilidad de la existencia pasada y actual de grandes depósitos acuosos en nuestro sistema solar. Pero, también están ocurriendo otros grandes avances relacionados con el conocimiento del Universo.

Los globos Boomerang y Máxima, dotados de detectores de microondas, se lanzaron con la finalidad de medir las fluctuaciones en el residuo cósmico de microondas, es decir, los vestigios aún localizables de la primitiva explosión del Big Bang. Con los datos obtenidos con ellos se ha construido el mapa más detallado existente hasta ahora referido a los inicios del Universo. La respuesta que está emergiendo es que el Universo es plano (sin curvas al espacio o tiempo), pero han aparecido nuevas interrogantes sobre cómo ocurrió su expansión inicial, así como sobre la naturaleza y cuantía de la materia invisible o materia oscura.

¿De dónde proceden la mayoría de los meteoritos normales que caen sobre

la tierra, que son trozos de bloques de materia primitivos inalterados, de la época de construcción del sistema solar?. Esta pregunta parece está encontrando contestación gracias al vehículo espacial NEAR Shoemaker que durante medio año se aproximó al asteroide EROS, llegando a la conclusión de que son los asteroides como éste los lugares de procedencia de tales meteoritos.

Otro éxito astronómico ha sido la localización exacta del inmenso agujero negro que se sospechaba existía en el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Su masa es la equivalente a más de dos millones y medio de soles, y un volumen que cuenta con un diámetro semejante al de la órbita terrestre alrededor del Sol. La precisión alcanzada en la localización sería análoga a la de conocer, desde Albacete, Alicante o Murcia, la situación de una persona en La Coruña, con un error de unos pocos centímetros.

El extraño mundo de la mecánica cuántica, en el año 2000, se hizo aún más extraño al romperse el límite entre el mundo cuántico y el clásico. Hasta ahora se creía que sólo se podían aplicar a las partículas más minúsculas propiedades aparentemente contrapuestas como la de estar simultáneamente en dos sitios. El pasado año los investigadores observaron que este fenómeno era posible a escala mucho mayor, comprobando que una corriente eléctrica podía fluir a la vez en direcciones opuestas en un lazo de cable semiconductor.

TECNOLOGÍA. De entre todos los ejemplos disponibles, por su potencial futuro, se pueden escoger dos de ellos. El premio Nobel de Química se concedió a tres científicos por su descubrimiento de los plásticos eléctricamente conductores. Pero lo importante fue que, el pasado año, usando moléculas orgánicas baratas, tuvieron lugar las primeras consecuciones prácticas de ello. Se fabricaron, sobre plásticos flexibles, dispositivos orgánicos con centenares de componentes de chips de ordenador que podrían usarse en el futuro para fabricar pantallas electrónicas planas, etiquetas electrónicas o teléfonos móviles desechables. También se consiguió hacer funcionar un láser orgánico en el que las moléculas orgánicas de tetraceno emiten luz al ser excitadas por una corriente eléctrica.

El hidrógeno es considerado por muchos como el combustible de elección cuando escaseen las reservas de petróleo. El segundo ejemplo escogido se refie-

re a la obtención de grandes cantidades de energía, en concreto hidrógeno, por medios biológicos, usando cultivos de algas verdes. Normalmente estas algas fotosintéticas producen sólo trazas de hidrógeno, pero los científicos han descubierto que privadas de azufre tales algas reducen drásticamente la fotosíntesis y pasan desde producir oxígeno a la obtención de hidrógeno, usando sus reservas nutritivas. Tras unos pocos días, quedan exhaustas y para que se recuperen se les proporciona azufre, con lo que el ciclo vuelve a comenzar. En condiciones adecuadas se piensa que una pequeña superficie de 100 metros cuadrados de cultivo de tales algas podría proporcionar diariamente la energía suficiente para que un automóvil recorriese unos 100 km.

BIOLOGÍA. El año 2000 se recordará, aparte de otros grandes logros ya comentados anteriormente, como el de la consecución del primer mapa molecular, de alta resolución de los ribosomas, que son las factorías celulares de producción de las proteínas. Compuestos de proteínas y de los llamados ácidos ribonucleicos ribosomales (ARNr), se comprobó el papel catalítico esencial que juega el ARNr, apoyando la idea de que el origen inicial de la vida sobre la Tierra se basó en los ARN. Otras investigaciones resaltaron la gran antigüedad evolutiva de los ribosomas y descubrieron mecanismos celulares, desconocidos hasta ahora, que protegen contra la producción de proteínas defectuosas.

El campo de los receptores hormonales (proteínas que reconocen específicamente a las hormonas y median su acción) fue especialmente activo en el caso de los receptores hormonales nucleares (situados en el núcleo celular), descubriéndose la acción de algunos de ellos que participan en el metabolismo del colesterol, la producción de ácidos grasos, la aparición de diabetes o la de ciertos tipos de cánceres. También se profundizó en el conocimiento del receptor PXR, que está implicado en la respuesta corporal ante las moléculas desconocidas, participando en las interacciones entre diversos fármacos.

El material genético de una célula adulta, dependiendo del tejido u órgano que se trate, se expresa en un porcentaje pequeño, mediante genes más o menos específicos. Cuando hace pocos años se logró la clonación de la oveja Dolly quedó claramente manifestado que ese material genético diferenciado, con estímulos ade-

cuados, se podía desdiferenciar y ser usado como material genético germinal, con lo que el proceso de especialización/desespecialización podríamos considerarlo como reversible. Desde entonces, los avances han sido enormes. Se han obtenido grandes éxitos en el camino de descubrir nuevas obtenciones de células progenitoras o madre, y en su reconversión en otras clases de células diferenciadas usables en el futuro para reparar tejidos dañados por lesiones o enfermedad. Las intervenciones celulares también han permitido clonar cerdos, como una primera etapa de producir cerdos clónicos transgénicos con órganos utilizables para xenotrasplantes. Asimismo las técnicas de clonación han permitido los primeros éxitos en la recuperación de especies animales en peligro de extinción o ya extintas.

PREDICCIONES 1

Los editores de la revista Science han mirado en su particular bola de cristal y se han atrevido a predecir los 6 campos científicos de mayor interés para el año 2001: 1) Las enfermedades infecciosas como SIDA, malaria y tuberculosis, con nuevos fármacos y vacunas; 2) Conocimiento de los océanos y su relación con el clima, con los datos procedentes de satélites específicos, tales como el SeaWiFS y el Terra; 3) Controles postranscripcionales tras la síntesis de los ARN mensajeros, con mecanismos nuevos como el de la interferencia del ARN: degradarlo para silenciar ciertos genes o para que no se produzcan proteínas anómalas.

PREDICCIONES 2

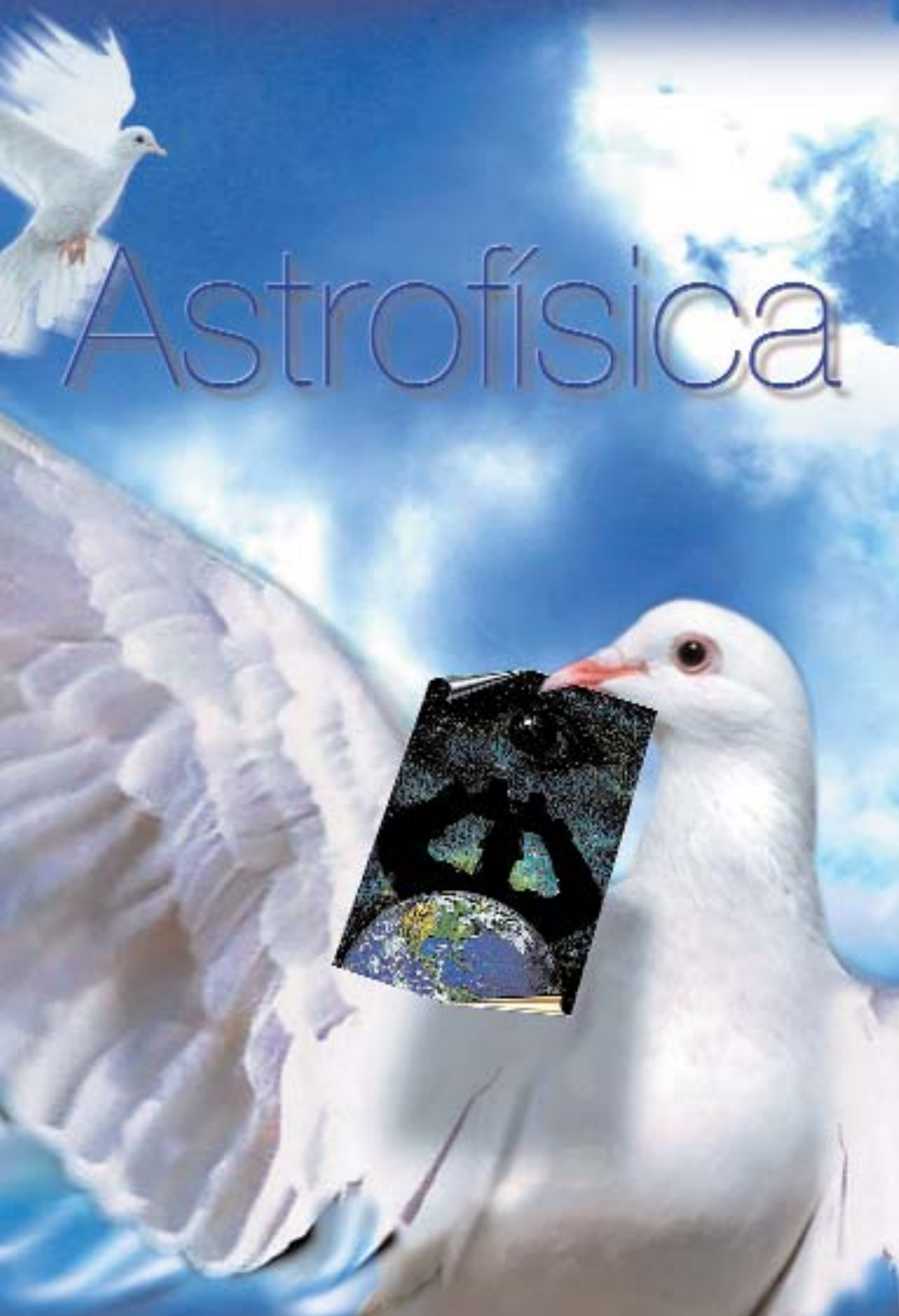
Los otros tres campos de interés son: 4) El gran esfuerzo mundial por reforzar la financiación de la Ciencia. Destacan: EE.UU., Canadá, Reino Unido, Francia, Japón, Alemania, Italia y China. España queda muy atrás, ignorando que este aspecto es esencial para poder entrar en el club de los grandes países; 5) Durante el desarrollo embrionario, ¿qué mecanismos determinan que las proteínas y otras moléculas se vayan a un lado de una célula y no al otro?. Las respuestas

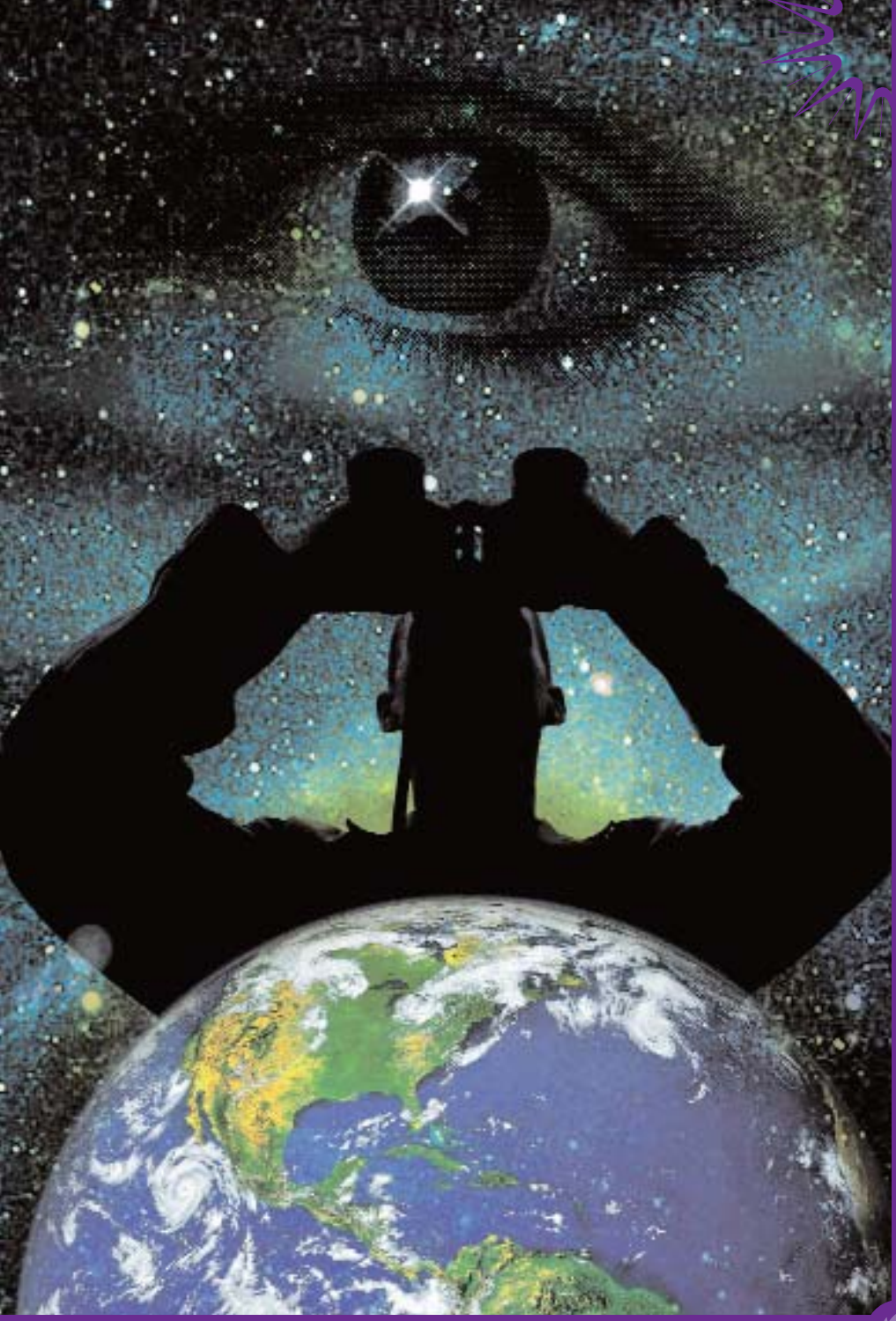
comienzan a conocerse; 6) En el Brookhaven National Lab de Nueva York los físicos harán colisionar átomos de oro en condiciones tales que se espera alcanzar un estado de plasma primordial de quarqs y gluones libres, recreando la misma situación existente a los 10 microsegundos de ocurrir el Big Bang.

MAYAS

Entre los interesantes descubrimientos del año pasado, enterrado en las selvas guatemaltecas hasta ahora, figura uno de los ejemplos mejor preservados, casi intacto, de la arquitectura maya. Se trata de un palacio del s. VIII, situado en el centro de una antigua ciudad llamada Cancuen (lugar de serpientes). Consta de 170 habitaciones, 11 patios y tiene más de 40.000 metros cuadrados de superficie. El equipo arqueológico que lo investiga procede de la Universidad Vanderbilt, de Nueva York, y de la Universidad del Valle, de Guatemala. Se calcula que la excavación global del palacio requerirá unos diez años de tiempo.

Astrofísica





© PACO HERNÁNDEZ

Eso: un buen triunfo

ESO: UN BUEN TRIUNFO

No nos vamos a referir a los muy discutibles frutos de una determinada reforma educativa, sino al European Southern Observatory (ESO), el Observatorio Europeo del Sur, situado en Chile, en el que acaban de iniciarse, con gran éxito, las actividades del tercero de sus grandes telescopios de 8,2 m de diámetro.

La Comisión de Bruselas, en un documento sobre «un espacio europeo para I+D», indicaba hace unos pocos días que «la Investigación y la Tecnología representan ya entre una cuarta parte y la mitad del crecimiento económico». La Europa científica avanza y la situación de la Ciencia europea, como mínimo, puede calificarse de interesante, con una producción científica –medida por las publicaciones– que supera a los Estados Unidos, aunque su impacto, sobre todo el tecnológico, sea bastante inferior. Los europeos nos podemos sentir bastante orgullosos de algunos de los proyectos en los que participamos, encuadrados dentro de la conocida como «Gran Ciencia», es decir, proyectos muy ambiciosos que necesitan la colaboración internacional. Entre ellos destacan los astronómicos destinados a conocer mejor los aspectos fascinantes del Universo como son sus orígenes, su comportamiento, su destino, la posibilidad de existencia de vida extraterrestre, etcétera.

EVOLUCIÓN. Copérnico y Galileo mostraron que la Tierra giraba alrededor del Sol y también fueron astrónomos europeos los que vieron que el Sol era tan sólo

una estrella entre las miles de millones que pueblan la Vía Láctea. Además, la Ciencia Astronómica Europea ha sabido evolucionar en paralelo y participar en los grandes desarrollos tecnológicos: placas fotográficas sustituidas por detectores fotoelectrónicos enlazados a pantallas de vídeo, utilización de todas las longitudes de onda, no sólo las luminosas, del espectro electromagnético, paso de la astronomía óptica a la radioastronomía, etc. Hoy día, además de la astronomía óptica, existe la de rayos X, la de rayos gamma, las ultravioleta (próxima y lejana), la infrarroja (próxima y lejana) y toda la gama de radioastronomías que van desde el submilímetro hasta los varios metros.

En todos estos campos la contribución europea es notable, incluso en las tecnologías que necesitan observatorios espaciales. Así, Europa participó con un 15% en la construcción del telescopio espacial Hubble y la Agencia Espacial Europea (ESA) desarrolla o ha desarrollado, entera o parcialmente, programas como el satélite de rayos gamma COS-B, los de rayos X EXOSAT y ROSAT, y el infrarrojo IRAS. Por otra parte los mejores radiotelescopios terrestres europeos se unieron en la Red Europea VLBI (interferometría de línea muy grande) que permite enlazar entre sí telescopios muy separados para poder observar las fuentes de radio con un extraordinario detalle. En otras ocasiones nos hemos referido a la colaboración intereuropea que se desarrolla en el Instituto de Astrofísica de Canarias. Ahora, nos detendremos en la más activa de las colaboraciones intereuropeas, la del ESO u Observatorio Europeo del Sur.

ESO. El aire nubloso y turbulento de Europa Occidental es muy poco adecuado para los observatorios ópticos. Por ello, un sueño europeo era el de crear un gran observatorio del firmamento en el hemisferio Sur, donde las nubes de Magallanes y el centro de la Vía Láctea están disponibles fácilmente. En 1962, Bélgica, Francia, la RFA, los Países Bajos y Suecia fundaron el ESO, al que se adhirieron poco después Dinamarca, Italia y Suiza. Su sede central está en Garching, cerca de Munich, pero las instalaciones de observación se ubicaron en La Silla, en el desierto de Atacama, a 2.400 m de altitud y a 600 kilómetros al Norte de Santiago de Chile, donde se colocaron catorce diferentes telescopios, con diámetros de hasta 3,6 m, así como un radiotelescopio de submilímetros

de 15 m, con todos los cuales se puede trabajar desde los centros de investigación europeos. Con ellos, en 1998, un equipo suizo descubrió la existencia de uno de los primeros planetas extrasolares conocidos, una estrella situada a 35 años-luz de la Tierra, que orbitaba alrededor de Gliese 86, un pequeño sol menor que nuestro Sol.

Un gran científico, antes en la Zeiss y ahora en la ESO, Raymon Wilson, hace unos años dio con la solución para el problema de construir y mantener con precisión la superficie óptica de un gran telescopio reflector, ya que este era el factor que limitaba el tamaño de los telescopios ópticos. Su solución utiliza un espejo delgado, algo flexible, fabricado con un material compuesto especial, vitrocerámico, que ajusta continuamente su forma, controlado por un ordenador, mediante una técnica denominada de óptica activa. Este fue el método usado para construir, también en La Silla, el llamado telescopio de Nueva Tecnología de 3,5 m, que ha constituido un gran éxito.

LOS VLT. ¿Por qué no avanzar más en ese camino?. Los países europeos del ESO decidieron usar esta nueva tecnología para construir un supertelescopio VLT (Very Large Telescope) que constaría de cuatro telescopios unitarios de más de 8,2 m cada uno, situados en fila, así como de tres telescopios auxiliares de 1,8 m. A los telescopios también se les adosaría un gigantesco interferómetro. El lugar elegido para su instalación fue el cerro Paranal, en una montaña a 2.600 m de altitud, en la parte seca del desierto chileno de Atacama. Los cuatro telescopios unitarios del VLT podrán funcionar con independencia o en cualquiera de las combinaciones posibles, pudiendo alcanzar, combinados, una resolución angular equivalente a la de un telescopio de 200 m de diámetro, con una potencia decenas de veces superior a la del muy conocido telescopio americano de 5 m del Monte Palomar, que durante casi medio siglo ha constituido una norma de excelencia para la astronomía óptica.

El VLT es actualmente el telescopio óptico más potente de la Tierra y es europeo. ¿Cuál es su situación actual?. Bautizados con nombres celestiales de la lengua nativa Mapuche, el primer telescopio ANTU (el Sol) se puso en brillante funcionamiento en mayo de 1998. El segundo, KUEYEN (la Luna) inició su gran

andadura científica en marzo de 1999. El tercero, MELIPAL (la Cruz del Sur) tuvo su feliz alumbramiento hace unas fechas, la noche del 26 de enero del 2000, con unos primeros resultados que la directora general del ESO, la Dra. Catherine Cesarky, ha calificado de excelentes por la calidad y resolución de las imágenes obtenidas. Este mismo año se espera que también estará operativo el cuarto y último telescopio, YEPUN (constelación Sirio), con lo que los astrónomos europeos podrán alcanzar y estudiar los objetos más débiles y lejanos de nuestro Universo.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El chocolate está dejando de ser considerado como un alimento peligroso. Investigaciones publicadas anteriormente ya demostraron que uno de los componentes grasos del chocolate, el ácido esteárico, podía estimular los niveles del denominado «colesterol bueno», es decir, las lipoproteínas de alta densidad. Ahora, otras investigaciones realizadas en Estados Unidos indican que el consumo diario de 22 gramos de cacao en polvo y 16 gramos de chocolate negro, debido a las sustancias antioxidantes que contienen, logran aumentar en un 10% los niveles del «colesterol bueno». En todo caso lo que no se puede perder de vista es la moderación, dado el alto contenido energético del chocolate.

BIODIVERSIDAD

La cabra hispánica es una bella especie amenazada de extinción, pero todavía existen bellos ejemplares en la sierra de Gredos. Peor suerte ha corrido su pariente del norte español, el bucardo, cuyo único ejemplar todavía existente acaba de morir aplastada por la caída de un árbol. Su material genético se conservará para su posible clonación futura cuando sea posible alcanzar un baremo de pureza genética que actualmente no se puede lograr.

MARTE

De un modo discreto, casi secreto, auspiciado por la International Science and Technology Corporation, institución financiada principalmente por Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, se ha celebrado una reunión conjunta entre varios representantes de la NASA y siete expertos astronáuticas rusos. El tema principal ha sido la discusión del mejor procedimiento para el envío de una misión tripulada a Marte, dentro del marco del llamado Proyecto 1172 («Proyecto preliminar de exploración de Marte»). En cualquier caso los expertos opinan que cualquier misión de este tipo a Marte aún tendrá que esperar para ser llevada a cabo unos 15 años.

EL FINAL DE GALILEO

Hace dos años y medio, en un artículo aparecido en el periódico La verdad, bajo el título de «Galileo sigue vivo», nos ocupábamos de las aventuras y desventuras de la nave espacial Galileo en sus investigaciones sobre el planeta Júpiter y sus lunas. Terminábamos el relato con la pregunta «¿Cuál será el final de Galileo?». Parece que ya ha llegado el momento de responder definitivamente a la respuesta.

Recordemos que la nave Galileo fue construida por la NASA, que su lanzamiento tuvo lugar el 18 de octubre de 1989 y que llegó a las cercanías de Júpiter tras un largo y accidentado viaje que duró seis años. Con un peso de dos toneladas y media está dotada de sofisticados instrumentos científicos y también contaba con una Sonda o vehículo auxiliar de 339 kilos de peso.

LA MISIÓN. Una importante complicación inicial que estuvo a punto de mandar al traste todo el proyecto radicó en que la nave portaba una gran antena plegada que quedó bloqueada e inutilizada al intentar desplegarla, con el añadido de que la pequeña antena adicional que también llevaba no estaba diseñada para poder enviar a tan gran distancia como la Tierra la información científica que se fuese recogiendo. Pero, de un modo asombrosamente eficaz, los ingenieros e informáticos lograron crear y enviar a la nave nuevos programas y software que lograron operar con un enorme factor de comprensión para los datos. La consecuencia fue que la pequeña antena pudo ser capaz de transmitir todos los datos

adquiridos por los instrumentos científicos de la nave, hasta los tres centros receptores ubicados en las cercanías de Goldstone (California), Canberra (Australia) y Madrid (España).

Por sí solo el gran planeta Júpiter constituye el 70% de la masa combinada de todos los planetas, pero hace unos pocos años se desconocía casi todo sobre el planeta y sus lunas. Los propósitos pretendidos por la misión de la nave Galileo eran muy ambiciosos y variados: indagar la composición de la atmósfera de Júpiter, las fuerzas que protagonizan su meteorología, los procesos responsables de los giros de la luna Io, los mecanismos que energizan la magnetosfera de este satélite, la evolución del resto de sus otras 3 grandes lunas jovianas o de sus otras 12 pequeñas lunas así como un largo etcétera de interrogantes.

LOGROS. A pesar de su comienzo incierto los logros conseguidos con la misión Galileo han superado cualquier cálculo previo realizado. Para comenzar, durante su larga travesía hacia el planeta se realizaron valiosísimas observaciones de la Tierra, del Cinturón de Asteroides, de la Luna, de Marte y del choque de los 21 fragmentos del cometa Shoemaker-Levy sobre la superficie de Júpiter. En julio de 1995 su vehículo auxiliar, la Sonda, se separó de la madre nodriza y al cabo de cinco meses se internó en la atmósfera joviana, realizando excelentes análisis de su composición durante una hora, hasta que quedó destruida. En diciembre de 1966 se inició la primera de las muchas aproximaciones orbitales que han tenido lugar de la nave Galileo a la luna Europa.

Aunque son incontables las observaciones de valor alcanzadas con la misión Galileo, y otras muchas serán el fruto del análisis, durante los próximos años, de los datos que aún sigue enviando la nave, podemos destacar de entre otros conseguidos estos cinco grandes descubrimientos: 1) La aventura de la Sonda pudo demostrar que Júpiter tiene una actividad tormentosa muchas veces superior a la de la Tierra. Asimismo se ha encontrado que los anillos de Júpiter están constituidos de pequeños granos de polvo. En cuanto al alto contenido anormal en su atmósfera de gases como argon, kriptón, xenón y nitrógeno, parecen demostrar que su formación se realizó en un lugar más alejado del Sol que el actual. ¿Cómo y por qué se realizó el desplazamiento hasta su situación actual?. No lo sabemos;

2) La luna Io ha resultado ser el cuerpo solar volcánicamente más activo de todos los conocidos. Los volcanes de Io se descubrieron en 1979 gracias al Voyager I, pero ahora sabemos que poseen actividades más de 100 veces superiores a las de los terrestres, con una lava muy rica en silicatos muy magnésicos. Las últimas erupciones observadas, desde el pasado mes de noviembre hasta ahora, han podido medir temperaturas de las lavas cercanas a los 1.000 ºC; 3) Muy espectaculares son todos los datos ya acumulados que abonan la idea de la existencia de un océano salado bajo la superficie congelada de la luna Europa, lo que plantea el problema de la posible existencia presente o pasada de formas de vida. El pequeño número de cráteres en Europa demuestra que su superficie es relativamente joven. Por otra parte se ha comprobado que Europa posee una delgada capa atmosférica de oxígeno así como una ionosfera; 4) La mayor luna joviana es Ganímedes, con una superficie fría congelada. Las fricciones internas parecen ser responsables de que posea su propio campo magnético; 5) Otro descubrimiento sorprendente ha sido el de muchas observaciones apoyando la existencia de un verdadero océano bajo la superficie de la luna Calixto. El océano parece estar situado tan profundamente que no llega a afectar a su superficie, plena de cráteres, por lo que su presencia se detecta indirectamente, por los campos magnéticos que genera, debidos posiblemente al flujo eléctrico producido por el fuerte campo magnético de Júpiter al atravesar ese océano salino.

¿EL FINAL? La Galileo ha realizado bien todas sus misiones dentro de un presupuesto previsto de 1.500 millones de dólares. Gracias a su buen funcionamiento, su vida útil se extendió durante otros dos años más de lo previsto, con nuevas experiencias en las que se han invertido otros 30 millones de dólares. Lo curioso del caso es que debido a sus éxitos Galileo ha sobrevivido mucho más tiempo que el esperado. La fecha final de las actividades de su misión se había fijado para el 31 de enero de 2000 si es que lograba sobrevivir dos misiones suicidas anteriores que se realizaron el 11 de octubre y 25 de noviembre pasados, con unas aproximaciones tan cercanas a la luna Io que se pensaba que las radiaciones que recibiría serían mucho mayores de las que estaba diseñada para recibir la nave por lo que normalmente quedarían dañados sus equipos. Sorprenden-

temente, la Galileo superó la prueba perfectamente, por lo que el 3 de enero pudo realizar otra aproximación a Europa y el 20 de febrero a Io. Y ya se tienen previstas nuevas e importantes observaciones de Ganímedes el 20 de mayo y el 28 de diciembre de este año, y otras tareas conjuntas con la nave Cassini también el próximo diciembre. Entonces, ¿cuál será el final de Galileo?. Existen dos opciones al respecto: la primera, alejar la nave de las cercanías de Júpiter y sus lunas, dejándola que se perdiese en el espacio; la segunda consiste en provocar su aproximación y choque a cualquiera de las lunas o al propio planeta. La nueva fecha límite se había fijado en el año 2002 pero dos circunstancias están haciendo reconsiderar la situación a los técnicos de la NASA. Por un lado la conveniencia de continuar con aproximaciones «suicidas» a fin de obtener mejores datos y de comprobar la resistencia real de los instrumentos y de la nave hacia los ambientes hostiles; en segundo lugar que la nave contiene microorganismos llevados desde la Tierra por lo que, como medida estricta de seguridad, debería evitarse que su final fuese caer sobre Júpiter o sus lunas. En resumen: la Galileo sigue viva y su final aún no es inminente.

SERPIENTE CON PATAS

En el último número de la revista Science se narra cómo en unos sedimentos marinos ubicados cerca de Jerusalén se han encontrado restos fósiles que corresponden a serpientes de hace 95 millones de años (Haasiophis terrasanctus) que contaban con patas, lo que ha actualizado las discusiones sobre el origen marino de las serpientes y su relación con los mosauros que son una especie de grandes lagartos con capacidad natatoria, presentes en el periodo Cretáceo.

DETECCIÓN

En el mismo número de la revista Science se incluye una investigación muy interesante cuya aplicación, muy simple, podría ser de gran utilidad para la detec-

ción precoz de muy diferentes tipos de cáncer. Se trata de aprovechar el hecho de que en estos procesos se producen mutaciones en el ADN mitocondrial (ADNmt) de las células que son diferentes de los producidos en el ADN del núcleo. Como las células contienen muchas reproducciones idénticas del ADNmt las alteraciones se pueden detectar en las células presentes en la orina (cáncer de vejiga), saliva (cánceres de cabeza y cuello) o fluidos pulmonares (cánceres de pulmón).

ASMA

Investigadores japoneses, han encontrado que los antígenos ambientales causantes de los procesos asmáticos actúan incrementando la secreción de la prostaglandina PG2, por ciertas células del sistema inmune. Esta PG2 actúa tras ser reconocida por receptores celulares, cuya producción está regulada genéticamente. Usando ratones han conseguido desactivar los genes responsables de tal producción y el resultado ha sido que esos ratones fueron mucho menos susceptibles que los normales en sufrir ataques asmáticos alérgicos.

UN RÉQUIEM CELESTIAL

Los estudios de los rayos X realizados por el físico americano Arthur Holly Compton (1892-1962) le llevaron a descubrir el fenómeno conocido como efecto Compton. El efecto Compton es el cambio de longitud de onda de la radiación electromagnética de alta energía al ser difundida por los electrones. El descubrimiento de este efecto confirmó que la radiación electromagnética tiene propiedades tanto de onda como de partículas, lo que constituye un principio central de la teoría cuántica.

Por ese descubrimiento y por otras investigaciones sobre los rayos cósmicos y sobre la reflexión, polarización y espectros de rayos X este físico obtuvo el Premio Nobel de Física de 1927. Siendo profesor de Física en la Universidad de Chicago dirigió el laboratorio donde se realizó la primera reacción nuclear en cadena y jugó un papel importante en el desarrollo de la bomba atómica. Compton completó su carrera académica, desde 1945 hasta 1953 como rector de la Universidad de Washington y después de 1954, hasta su muerte, como catedrático de Filosofía Natural.

OBSERVATORIO COMPTON. Hace unos días una amplia zona del Océano Pacífico, situada a unos 4.000 km al SE de Hawai, quedó prohibida para la navegación marítima y aérea. Las razones eran contundentes, ya que se había provocado deliberadamente la caída y destrucción en esa zona del gran Observatorio Compton de Rayos Gamma (CGRO: Compton Gamma-Ray Observatory), bautizado de tal guisa

en honor al gran físico americano mencionado. Y así ocurrió realmente, cuando se hizo descender hasta la atmósfera al observatorio espacial de 17 toneladas, que se desintegró en su contacto atmosférico, produciendo una lluvia de bolas de fuego dentro de espacio de unos 1.500 km de longitud y 25 km de anchura.

¿Por qué destruir un instrumento tan valioso, ante cuya circunstancia a los astrofísicos sólo cabe entonar un sentido y profundo réquiem?. Recordemos el inicio. Dentro de las previsiones de la NASA para estudiar el Universo figuraba el realizar esta tarea a través de cuatro grandes observatorios espaciales que pudiesen cubrir simultáneamente el amplio rango de longitud de ondas electromagnéticas que van desde el infrarrojo a los rayos gamma. El poder observar un objeto celeste o acontecimiento, simultáneamente, a varias longitudes de onda, permitiría unas posibilidades que serían imposibles de alcanzar con una única observación. Uno de estos satélites-observatorios era el CGRO o Compton. Otro, el archiconocido telescopio espacial Hubble cuyo décimo aniversario espacial se ha celebrado recientemente. El tercero es el Observatorio de rayos X Chandra, en el espacio desde el último mes de julio. Y el cuarto sería la Instalación Telescópica Infrarroja Espacial (SIRTF: Space Infrared Telescope Facility), cuyo lanzamiento está previsto para diciembre del año 2001.

Es evidente que las intenciones de la NASA no se han cumplido. En primer lugar ocurrieron una serie de importantes retrasos, como consecuencia del desastre que sufrió el vehículo Challenger en 1986. Y perder el CGRO transcurrido menos de un año tras la puesta en órbita del Chandra y antes de que el SIRTF esté en condiciones de ser lanzado a su órbita supone, sin duda, una gran decepción, una gran oportunidad perdida para poder realizar las investigaciones simultáneas con los cuatro telescopios.

SACRIFICIO. Es lógico, pues, que la destrucción provocada del Observatorio Compton haya estado acompañada de cierta polémica. E, incluso, se ha pretendido evitarla. Por ejemplo, el investigador Jim Ryan, investigador coprincipal de un instrumento denominado COMPTEL, así lo intentó a través de numerosas cartas dirigidas a otros astrofísicos para pedir que el Congreso americano impidiese la destrucción del Compton.

El problema más grave surgió hace unos seis meses, cuando se estropeó uno de los tres giroscopios estabilizadores del Observatorio Compton. Un giroscopio es un instrumento montado en un soporte cardánico de forma que puede girar libremente en cualquier dirección. Los giroscopios constituyen una parte importante de los sistemas de navegación automática o guiado inercial en aviones, naves espaciales, misiles teledirigidos, cohetes, barcos y submarinos. Estos instrumentos son necesarios para calcular de forma continua la velocidad y dirección exactas del vehículo en movimiento. Las señales son suministradas a un ordenador, que registra las desviaciones de la trayectoria y las compensa.

La situación creada fue que si fallaba otro de los dos giroscopios restantes el satélite-observatorio podría entrar en un rumbo incontrolado y alcanzar la atmósfera, cayendo los restos sobre la superficie terrestre, con un riesgo de causar víctimas humanas que se calculó en un uno por mil. Sin embargo, los científicos opuestos a la destrucción argumentaban que podrían usarse técnicas de control no basadas en giroscopios que harían rebajar el riesgo a la mínima cifra de uno en cuatro millones, riesgo que para esos astrofísicos valdría la pena correr dada su insignificancia. Sin embargo, como hemos indicado, la NASA procedió el pasado domingo a la destrucción provocada del observatorio.

ÉXITOS. El Observatorio Espacial Compton es posible que no haya alcanzado durante su vida la notoriedad del Hubble ya que no producía el mismo tipo de espectaculares fotografías que pueden reproducirse en las revistas y periódicos de todo el mundo. Pero en lo que respecta a relevancia científica sus logros han sido enormes. Uno de los más grandes consistió en poder investigar adecuadamente las llamadas explosiones de rayos gamma, de pequeña duración, descubiertas en 1960 por satélites espías, pero sobre las cuales no se sabía prácticamente nada. Pocos meses tras su lanzamiento el instrumento BATSE (Burst and Trasient Source Experiment) del Compton demostró que procedían de todas las direcciones, a la velocidad de varias por día, y que provenían de lejanísimas distancias lo que significaba los orígenes más energéticos conocidos del Universo. Esto hizo que el tema pasase a ser uno de los principales de la moderna astronomía.

Las contribuciones del Compton han sido muy variadas y valiosas. Por ejemplo,

en el estudio de los objetos conocidos como «blazares», que son una especie de activas galaxias distantes, quásares, de las que emergen inmensos chorros de materia a velocidad próxima a la de la luz. O en el descubrimiento de unas 170 fuentes de rayos gamma, situadas en el plano de nuestra Vía Láctea, para las cuales aún no tenemos explicaciones. O el desarrollo del nuevo modelo astronómico «colapsar» que se basa en la transformación de una estrella supermásica en una supernova, cuando el material arrojado por la explosión colapsa en el agujero negro dejado atrás y entonces emite unos chorros muy energéticos desde sus polos.

En resumen, entonemos un réquiem celestial por el Observatorio Compton, pero un réquiem gozoso por la magnífica herencia astronómica que ha dejado, herencia que, sin duda, será mejorada y acrecentada por sus herederos en forma de una serie de unos ya previstos pequeños pero muy eficaces observatorios de rayos gamma cuya construcción está en marcha, para que podamos seguir indagando en los misterios de nuestra casa, el Universo.

ÓRBITAS

El Observatorio Compton fue lanzado al espacio el 5 de abril de 1991 utilizando al efecto un cohete Atlantis. Fue construido por TRW con un costo global de 671 millones de dólares y durante sus 9 años de vida realizó 51.658 órbitas alrededor de la Tierra. La intención inicial era que su vida útil fuese de unos cinco años posibilitando que, por primera vez en su historia, el hombre tuviese acceso a la observación del mundo de los rayos gamma. Por tanto, los rendimientos han sido muy superiores en tiempo a los inicialmente previstos

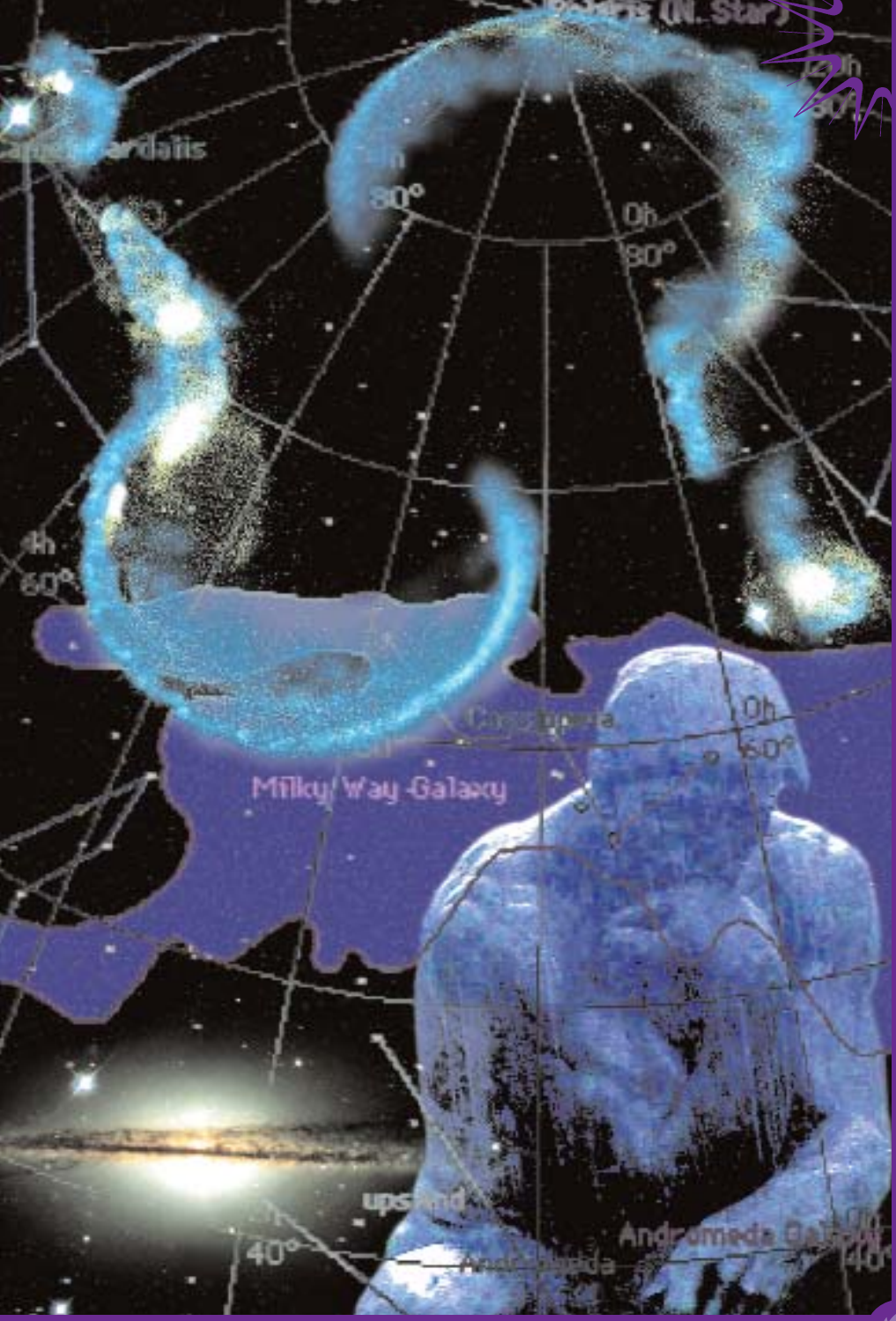
DESTRUCCIÓN

El proceso destructivo se realizó totalmente de acuerdo a los planes previstos, tras haber comprobado que el fallo giroscópico era el causante de una deriva orbital de 28,5º a ambos lados del Ecuador. Tras descender sus órbitas mediante

encendidos intermitentes de sus motores, a las 6.00 horas GMT entró en la atmósfera, perdiéndose el contacto con el observatorio diez minutos más tarde. Cerca de 6 toneladas de restos se distribuyeron durante cerca de 20 minutos sobre la zona del Pacífico escogida, pero durante otros 20 minutos continuaron cayendo piezas más ligeras sobre la superficie del agua.

MISIONES

Durante su estancia espacial el CGRO no sólo estudió las violentas e invisibles lejanas erupciones de rayos gamma, sino también otros aspectos como las fuentes de antimateria o los chorros de partículas que brotan a velocidades de millones de kilómetros por hora desde los agujeros negros. El telescopio Compton logró detectar más de 400 orígenes de rayos gamma (diez veces más que las previamente conocidas), y analizó más de 2.500 erupciones de rayos gamma, mientras que, anteriormente, únicamente se habían podido detectar algo menos de 300.



© PACO HERNÁNDEZ

Un halo misterioso

UN HALO MISTERIOSO

«El Universo, por su inconmensurable grandeza y la infinita diversidad y belleza que reluce por todos lados, nos llena de admiración silenciosa. Si la presentación de toda esta perfección mueve la imaginación, la compresión es arrebatada por otra clase de éxtasis cuando, desde otro punto de vista, considera que esa magnificencia y grandeza puede desprenderse de una sola ley, con un orden eterno y perfecto.»

Así se maravillaba el gran filósofo Immanuel Kant ante el espectáculo del Universo. El homo sapiens habita este infinitesimal rincón del Universo que es la Tierra desde hace unos pocos cientos de miles de años. Pero su conocimiento y preocupación respecto a su entorno más próximo, la Tierra, es muy reciente. Y de la ciudad en la que se enclava esta morada, el Universo, los hombres prácticamente lo desconocemos todo, salvo que es inmenso, bello y misterioso. Más aún, conforme comenzamos a divisar o entender alguna característica próxima, se multiplican las dudas y especulaciones sobre lo que podría ser un conocimiento preciso del plano de la ciudad global, del Universo.

LA VÍA LÁCTEA. Recientemente, la revista Science dedicó una serie de artículos a recapitular los conocimientos existentes sobre nuestra galaxia. La Vía Láctea se formó hace unos doce mil millones de años y la idea más reciente sobre su probable forma, es que se trata de una gran espiral envuelta en un gigantesco halo de materia negra y en un halo menor de estrellas. Si nos introdujésemos den-

tro de esa inmensa esfera, desde su exterior hacia su interior, primero nos encontraríamos con un grueso disco plano de estrellas y gases que giran alrededor del centro galáctico, en amplias y lentas órbitas. Dentro de ese disco existe otro disco concéntrico y plano, más delgado, con componentes más rápidos y órbitas más ceñidas. Escondido en el interior, y también concéntrico, se halla el conocido como disco extremo, que también contiene una especie de núcleo central en forma de barra, compuesto de estrellas en movimiento muy rápido así como de gases. Y en el centro de la galaxia, en el que se puede considerar su corazón, existe un inmenso agujero negro, como se deduce de las grandes medidas de las estrellas que son engullidas por su fuerza gravitacional.

Pero en la Vía Láctea cuantitativamente es mucho más importante lo que no se ve que lo que se ve. Uno de los intrigantes descubrimientos que los cosmólogos han hecho en los últimos años es de que, además de las estructuras visibles observables, las galaxias como Vía Láctea, poseen un gran halo invisible que las rodea. Al no ser observable su materia, es decir, al tratarse de materia oscura o negra, inaccesible a la investigación directa, ello determina que su investigación sea muy difícil de realizar.

HALO GALÁCTICO. Aunque su cuantía no se conoce con precisión, el componente invisible, negro, del halo galáctico puede ser hasta 20 veces mayor que la masa de los discos visibles de estrellas y gases de la Vía Láctea. En contraste con la estructura discoidal de la materia visible, el halo posee una difusa forma esférica, con un volumen total que podría superar por un factor de 1000 el de los discos de estrellas.

¿Qué podemos decir respecto a la naturaleza de este halo?. En realidad las preguntas que nos hacemos al respecto son, en gran parte, la expresión de nuestra ignorancia en relación con el tema: ¿Qué forma posee?, ¿cuál es su extensión física, aun aproximada?, ¿cuál es su masa?, ¿de qué materia se compone?, ¿cómo se formó?, ¿cómo interacciona con los componentes visibles?, ¿cuál será su destino?

Dejando para su comentario posterior el problema de su composición, en el resto de las preguntas los investigadores comienzan a tener algunas respuestas parciales muy iniciales. Algunas ya las hemos indicado anteriormente. Ello ha sido

posible a través del estudio del movimiento de marcadores o trazadores, que son objetos de pequeñas masas relativas, tales como las pequeñas galaxias que están en órbitas alrededor de nuestra propia galaxia.

COMPOSICIÓN. En cuanto a la naturaleza de la composición del halo el problema es, por ahora, complejo. El Dr. Charles Alcock, un gran experto al respecto, descarta que los halos sean una característica propia de las galaxias discoidales, ya que se dan de un modo generalizado, por ejemplo, en las galaxias externas. Su creencia es que pueden tratarse de una mezcla de «viejas estrellas degeneradas» y de ciertos hipotéticos tipos de partículas elementales.

En Cosmología y Física, la «degeneración» es un estado de la materia que se alcanza cuando las partículas atómicas se empaquetan tan firmemente como sea físicamente posible, alcanzando densidades del orden de muchos millones de kilos por metro cúbico. En tal situación las partículas, por una regla física conocida como el principio de exclusión de Pauli, originan una «presión degenerativa», con una gran fuerza repulsiva, que depende de la densidad y no de la temperatura. La existencia de esta materia degenerada es de una gran importancia para entender el comportamiento de objetos astronómicos colapsados, como las estrellas de neutrones o las estrellas enanas blancas, o de estrellas que han agotado su hidrógeno interno, como las enanas marrones, así como de las regiones centrales de los planetas gigantes.

En cuanto a las exóticas e hipotéticas partículas elementales las candidaturas más recientes corresponden a los «neutralinos» y a los «axiones». Los neutralinos serían una consecuencia derivada de la denominada «teoría de la supersimetría» que, a su vez, constituiría una ampliación de la establecida y aceptada teoría estándar de las partículas materiales. Los hipotéticos neutralinos, de una gran masa, interaccionarían con la materia normal sólo a través de las conocidas como «fuerzas débiles». Estas interacciones débiles, una de las cuatro formas fundamentales de fuerza existentes, son del mismo tipo que las que tienen lugar en los átomos entre los leptones y los hadrones, siendo también responsable del fenómeno de la radiactividad o de la conversión de neutrones y protones en la formación de las estrellas.

Los también hipotéticos axiones, de masa casi despreciable, se originan como

consecuencia de la teoría de la «cromodinámica cuántica» que está relacionada con las interacciones fuertes existentes en los núcleos atómicos. Algunos investigadores sostienen que su producción fue masiva en los inicios del Universo. Los axiones podrían interaccionar, con muy baja energía, con los fotones. Por ello, para identificarlos, se están realizando experimentos buscando detectar esos tipos de interacciones.

En todo caso, es realmente intrigante el gran misterio existente sobre la naturaleza de ese casi 95% de la composición de nuestra galaxia. Pero el Dr. Alcock piensa que la solución del misterio puede estar cercana y será dependiente de que la metodología experimental avance rápidamente para poder conseguir, posiblemente dentro de las dos próximas décadas, la detección de alguna(s) de esa(s) hipotética(s) partícula(s). Ello nos ayudaría a saber más respecto a nuestra galaxia, a la formación de otras galaxias y, finalmente, a la formación del Universo.

PARTÍCULAS

Según la teoría estándar de la materia las partículas masivas sienten la gravedad y la fuerza débil y son de dos clases: 6 quarqs, que sienten la fuerza del color (d, u, s, c, b y t) y 6 leptones (electrón y electrón neutrino, muón y muón neutrino, tau y tau neutrino). Sólo los neutrinos carecen de carga, por lo que el resto de 9 partículas sienten la fuerza electromagnética. La fuerza electromagnética liga los electrones al núcleo atómico para formar los átomos, mientras que la «fuerza de color» liga los quarqs, formando tríos que dan lugar a los hadrones tales como el protón (d+u+u) o el neutrón (d+d+u).

ESTRELLAS BLANCAS Y NEUTRÓNICAS

Las estrellas enanas blancas son estrellas extremadamente densas y compactas que han sufrido un colapso gravitatorio. Constituyen la etapa evolutiva final de las estrellas de baja masa que pierden sus capas exteriores. Aproximadamente tie-

nen el tamaño de la Tierra, pero su masa se asemeja a la del Sol. En cuanto a las estrellas de neutrones, cuando se siguen las fases terminales de la muerte de una estrella y la masa restante de la estrella está entre 1,4 y 3 veces la solar, la estrella colapsa hasta la forma de estrella de neutrones, con un cuerpo de tan sólo 10-15 km y un núcleo tan denso que sus componentes de protones y electrones se transforman en neutrones.

ESTRELLAS MARRONES

Hasta 1994 eran tan sólo un concepto teórico, sin plena identificación experimentalmente. Hoy se conocen un gran número de ellas. Se forman por la contracción de una porción de gas con una masa tan pequeña que no permite que se den las reacciones nucleares en su núcleo. Poseen una luminosidad de vida corta (menos de 100 millones de años) que es el resultado de la conversión de la energía gravitacional en radiación. Su temperatura superficial externa es inferior a los 2.500 grados Kelvin.

LA FORMA DEL UNIVERSO

Platón, Einstein y Kant reflexionaron sobre la naturaleza del Universo. Aunque sea el más alejado en el tiempo, posiblemente es Platón, quien desde una postura más crítica, se acerque más a las concepciones actuales, al dirigirse a Sócrates de este modo, en su TIMEO: «Entonces Sócrates, si de entre las muchas opiniones acerca de los dioses y las generaciones del Universo, no somos capaces de dar nociones que sean en conjunto y en cada caso exactas y coherentes entre sí, no te sorprendas».

Por el contrario, Immanuel Kant entreveía un principio unificador: «la comprensión es arrebatada por otra clase de éxtasis cuando, desde otro punto de vista, considera que esa magnificencia y grandeza pueda desprenderse de una sola ley, con un orden eterno y perfecto». Y Albert Einstein, en su ensayo en homenaje a Max Planck, adoptaba una postura intermedia: «La labor suprema del físico consiste en llegar a las leyes elementales y universales que posibiliten la construcción del cosmos por pura deducción... Nadie que se haya adentrado en el tema negará que, en la práctica, el mundo de los fenómenos determina unívocamente el sistema teórico, a pesar de que no exista un puente lógico entre los fenómenos y sus principios teóricos».

Con premisas como las anteriores, y con una falta de datos concretos sobre los que construir un adecuado cuerpo de doctrina, no es de extrañar que, históricamente, la Cosmología, o conocimiento del Universo, se haya considerado como una rama de la Filosofía, más que de la Física.

Pero los progresos de la observación astronómica y de los nuevos métodos de

análisis de las radiaciones de todo el espectro electromagnético han dado lugar a verdaderos y actualizados mapas de nuestro Universo, tales como el recientemente publicado en la revista Science por un grupo de 28 prestigiosos cosmólogos, pertenecientes a 13 instituciones europeas, americanas y australianas, tras su detallado análisis de más de cientos de miles de galaxias.

GALAXIAS. Hace tan sólo unos 70 años que el hombre descubrió y aceptó que el Universo se expande continuamente. El gran astrónomo Hubble comprobó que la velocidad con la que una galaxia concreta parece alejarse de nosotros es aproximadamente proporcional a la distancia que nos separa de ella. Esta «suave expansión» es un claro indicio de que el Universo tuvo un inicio temporal y de que actualmente se encuentra en la fase «explosiva». Cuando en una estación de ferrocarril un tren se acerca o se aleja podemos escuchar que la frecuencia de su pitido cambia. Ello se debe al efecto Doppler, es decir, que al cambiar la velocidad relativa de un objeto respecto a un observador, varía la frecuencia de las radiaciones que el observador recibe desde el emisor en movimiento, con una cuantía de la variación que es función de la velocidad de alejamiento o acercamiento.

Del mismo modo, las radiaciones luminosas de las diversas galaxias situadas a nuestro alcance, al alejarse dan lugar a un cambio en su frecuencia y longitud de onda, conocidos como «desplazamiento hacia el rojo». Su evaluación permite calcular la distancia a la que se encuentra cada galaxia y, en consecuencia, el dibujo de un mapa tridimensional del Universo que se encuentra en nuestro alrededor. Hace 10 años los limitados datos existentes nos mostraban a este Universo tridimensional como bastante homogéneo.

MAPAS. Pero, en los últimos 10 años se ha podido disponer de detectores muy sensibles y de sofisticadas instrumentaciones controladas por potentes ordenadores, con las que se han realizado mediciones mucho más precisas. Y, en los mapas disponibles, con la Tierra situada en el centro, se había podido ya alcanzar un límite de precisión y de observación de hasta una distancia de unos 400 millones de años-luz, lo que se corresponde a un desplazamiento hacia el rojo de 0,04. Y, lo más interesante es que, en contraste con las primeras apreciaciones, la distribución

de las galaxias no era homogénea. Si pensamos en una sección plana del Universo, con la Tierra en el centro, es como si la Tierra ocupase el vértice común de dos abanicos parcialmente abiertos y contrapuestos. Las galaxias se sitúan sobre las superficies de ambos abanicos, pero están casi ausentes en las dos zonas que separan a los abanicos. Además, hay regiones muy vacías y otras, por el contrario, son bastante densas e, incluso, se pueden observar grandes estructuras filamentosas de galaxias, en el recorrido más cercano, de unos 100 millones de años-luz (equivalente a un número de kilómetros igual a 10 elevado a 21).

En cuanto al nuevo mapa obtenido por el equipo liderado por el Dr. Peacock, se ha basado en las observaciones realizadas con el gran telescopio anglo-australiano, de dos grados de desplazamiento, situado en Australia y especialmente diseñado para estos estudios, ya que permite la medida simultánea de hasta 400 espectros. Ello ha posibilitado estudiar más de 250.000 galaxias muy en detalle y se han podido ampliar los límites previamente existentes hasta alcanzar la enorme distancia de más de 3.000 millones de años-luz. Lo más importante ha sido la comprobación efectiva de que no existe homogeneidad, sino que la distribución de las galaxias responde a una estructuración a gran escala.

CAUSAS. La explicación de las causas para esta gran estructuración será el gran objetivo futuro de la Cosmología. La radiación de fondo de microondas, por el contrario, es pareja, ya que es como una reliquia de la fase inicial del Big Bang, caliente, denso y muy uniforme. ¿Por qué, entonces, la asimetría y la estructuración?. Los teóricos hablan de la «inestabilidad gravitacional». Para ellos, lo que ocurrió en el comienzo de la expansión del Universo es que regiones ligeramente más densas del Universo expansivo frenaron un poco su expansión debido a la gravedad, con lo que se iniciaron las disimetrías.

En cualquier caso, la expansión del Universo no fue suave, como la derivada de las ideas de Hubble, sino que el «arracimamiento» de las galaxias aumentó con el tiempo, con lo que los científicos hablan de diversas variantes de «velocidades peculiares». Una explicación, previamente existente, se basa en las fuerzas gravitacionales en el interior de densos centros de «racimos» de galaxias. El Dr. Peacock ha postulado otra, que parece estar bastante de acuerdo con las recientes investi-

gaciones a las que nos estamos refiriendo. Se basa en el comportamiento de los agrupamientos filamentosos de galaxias, cuyos lados opuestos se mueven, acercándose entre sí. Los más cercanos a nosotros se mueven a mayor velocidad y los más lejanos más lentamente, con lo que se van aproximando entre sí.

En los próximos diez años es de esperar que se aclaren muchas incógnitas cosmológicas, pero finalicemos con una idea global, modificable según tengamos más conocimientos: los datos de velocidad de expansión y de densidad del Universo se van concretando en el sentido de definir un Universo plano, que continuará expandiéndose indefinidamente. La materia ordinaria supone sólo un 3% de la densidad de masa crítica, los neutrinos con peso un 0,3% y gran parte del resto es misteriosa materia negra, presumiblemente basada en partículas elementales que aún están sin descubrir. Es decir, la argumentación de Platón sigue vigente: la noción de conjunto aún no está completa.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Nuestras abuelas tenían razón. Investigadores de la Universidad Nacional de Singapur han demostrado las excelentes virtudes cardiosaludables de la sopa concentrada de pollo y, cabe esperar, de la sopa de gallina. Como animales de experimentación usaron ratones genéticamente modificados para que desarrollasen hipertensión arterial. Se comprobó que una ingesta diaria a la que sería equivalente en humanos a un tazón de sopa concentrada, en un año, conducía a una reducción del 40-50% de la inflamación cardiaca y a una reducción del 60% en el engrosamiento de los vasos sanguíneos. La causa se debe a la presencia de ciertos péptidos específicos de estas aves.

HOLOGRAFÍA

El Dr. Kevin Curtis, antiguo investigador holográfico de los Laboratorios Bell, ha creado una empresa, participada por otras compañías como Imation y Lucent

Technologies para desarrollar sistemas holográficos para guardar datos, en lugar de las imágenes usuales. Para ello el sistema numérico binario lo transforman en pequeños cuadraditos vacíos y llenos. Los buenos resultados previos hacen predecir que en el futuro un disco holográfico del tamaño de un actual CD-ROM o disco de DVD podrá almacenar 400 gigabits, suficientes para incluir en un solo disco el contenido de 100 películas.

RECEPTOR M3

Los receptores M1-M5 son proteínas receptoras muscarínicas de la acetilcolina que se sabe que poseen una importante participación en muchas funciones fisiológicas. Ahora, sorprendentemente, se añade otra relacionada con la obesidad. Una investigación acaba de demostrar en ratones que la ausencia de receptores M3 conduce a una drástica disminución de la ingesta de alimentos, produciendo una gran pérdida de peso, reducción en los depósitos periféricos de grasa y menores niveles de las hormonas insulina y leptina. Esta nueva aproximación colinérgica a la obesidad en el futuro podría dar lugar a nuevas estrategias de tratamientos.

LAS CELESTIALES CANARIAS

Muchas personas, acertadamente, consideramos que las Islas Canarias son un lugar paradisíaco, casi celestial, debido a su encanto, bellezas naturales y clima. La misma opinión, pero por otros motivos, la comparten astrónomos y astrofísicos de todo el mundo que utilizan los complejos equipos del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) cuyo próximo e importante objetivo consiste en la pronta puesta en marcha del Gran Telescopio Canarias (GTC).

En una colaboración anterior nos ocupábamos de los éxitos del Observatorio Sur Europeo, basado en las instalaciones telescópicas ubicadas en Chile. Pues bien, el conjunto de las instalaciones del IAC constituye el Observatorio Norte Europeo. Ello se debe a la excelente calidad astronómica del cielo de Canarias que, como hemos señalado en otras ocasiones, está considerado como un recurso natural y protegido por una ley específica. Una de las más afortunadas islas dentro de las afortunadas Islas Canarias es la de la Palma, un compendio de todas ellas. En la isla de la Palma, en el término municipal de Garafía, a 2.400 m de altitud, en el borde del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, se encuentra una de las dos más importantes instalaciones del IAC, el Observatorio del Roque de los Muchachos, donde se integrará el GTC. Una ventaja de este observatorio es la de ser no solamente ideal para la observación nocturna, sino también para la Física Solar.

EL COMPLEJO. Buena demostración de ello sería la mera enumeración de las

instalaciones telescópicas ya existentes, o en construcción, del Observatorio. Por una parte, se encuentran dos telescopios solares: a) el SVST, telescopio refractor solar sueco, de 50 cm, propiedad de la Real Academia de las Ciencias de Suecia, con el que se han obtenido imágenes del Sol de gran calidad y resolución y b) el DOT, telescopio solar abierto holandés, de 45 cm, perteneciente a la Universidad de Utrecht (Países Bajos), con un diseño muy innovador que le proporciona una gran resolución angular así como poder operar nocturnamente.

Por otra parte, un nutrido grupo de telescopios, entre ellos 10 nocturnos, especializados en diferentes misiones, tales como el William Herschel (420 cm), el Isaac Newton (250 cm) o el Jacobus Kapteyn (100 cm), propiedad del Reino Unido, pero utilizados, como todos, internacionalmente. Fue con telescopio Isaac Newton con el que se descubrió en 1991 el objeto más brillante hasta el momento en el Universo, un cuásar 100.000 billones más luminoso que el Sol, situado a una distancia de 12.000 millones de años luz. Los Países Nórdicos cuentan también con el NOT, de 256 cm, ideal para investigar las zonas centrales de nuestra galaxia, ocultas por las nubes de polvo interestelar. Otro telescopio muy interesante es el CAMC, explotado conjuntamente por el danés Observatorio de la Universidad de Copenhague y el español Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando (Cádiz). Es el telescopio de pasos más eficiente del mundo, midiendo con precisión la posición de los objetos celestes. Ha tenido un papel decisivo; por ejemplo, en el seguimiento de las aproximaciones de la sonda Voyager al planeta Urano o las de la nave Galileo a Júpiter y sus lunas. Por cierto, Italia también ha instalado allí su gran telescopio de nueva tecnología Galileo (350 cm), dotado de las mejores soluciones ópticas, informáticas e ingenieriles para la observación nocturna.

Aparte de telescopios, en el Observatorio también existe una amplia red de detectores de rayos cósmicos que permiten su investigación multinacional, incluidos varios grupos españoles de Astrofísica de Altas Energías. Por ejemplo, en el experimento Hegra se detectan y estudian las explosiones de alta energía y las radiaciones de galaxias activas, como las Markharian 501 y 421.

EL GTC. El proyectado GTC o Gran Telescopio Canarias es un ambicioso proyecto español que, previsiblemente, culminará con su «primera luz» en el año

2002. Esta nueva gran instalación científica permitirá realizar programas científicos hasta ahora irrealizables. A continuación señalaremos algunas de ellas.

Un primer apartado lo constituye la investigación de planetas externos, objetos subestelares, estrellas débiles y objetos protoestelares. Recientemente se han detectado planetas tipo Júpiter orbitando estrellas de la Secuencia Principal y se espera que telescopios como el proyectado GTC descubra no sólo planetas tipo Júpiter sino también planetas tipo Tierra, posibilidad que tantas expectativas científicas levanta e interesa, incluso al gran público. Por diversas razones, otros focos importantes de interés son encontrar estrellas enanas marrones a distancias grandes del centro de nuestra galaxia o el poder estudiar espectrofotométricamente de modo adecuado a las estrellas conocidas como enanas blancas frías. También, poder entender mejor los procesos de formación estelar a través del mejor conocimiento de las propiedades de los objetos protoestelares.

Otro aspecto diferente es el de los objetos compactos, los agujeros negros y las galaxias. La identificación óptica de los primeros se puede hacer con los telescopios actuales de 4m, así como por los satélites de rayos gamma. Pero será necesario el apoyo de telescopios como el GTC para poder abordar más seguramente la determinación de sus tamaños y masas. En cuanto a las galaxias su estudio está aún plagado de incógnitas: origen térmico o no de la tremenda energía irradiada, relación entre galaxias ultraluminosas y cuásares, significado de las galaxias primigenias (con signos de formación estelar en épocas que representan una fracción pequeña de la edad del Universo), etcétera.

Y aún restan por mencionar los grandes problemas de la Cosmología. ¿Qué sucedió inmediatamente tras el Big-Bang? Para ello sería fundamental cuantificar la abundancia de helio primordial en las regiones HII de las galaxias enanas o la de litio en ciertas estrellas de nuestra galaxia. Mayores conocimientos sobre el problema de la naturaleza de la materia negra, la evolución de las galaxias, sus agrupaciones en cúmulos o el estudio de la temperatura del fondo de microondas también podrían ayudar para alcanzar respuestas concretas sobre aspectos tan fundamentales como la forma, destino, edad y características del Universo.

TECNOLOGÍA. El presupuesto del proyecto Grantecan alcanzará los casi

15.000 millones de pesetas, unos casi 100 millones de euros, y actualmente está siendo financiado por España (Oficina de Ciencia y Tecnología de la Presidencia del Gobierno) y la Comunidad Autónoma de Canarias. Previsiblemente, a finales del año 2002 verá su «primera luz» y estará completamente operativo desde el punto de vista científico, a finales del año 2003.

Una de las características llamativas del telescopio es su espejo primario, que tendrá una gran superficie colectora equivalente a un círculo de 10m de diámetro, con una tipología segmentada consistente en 36 espejos individuales hexagonales acoplados entre sí para formar un gran hexágono de 5,67 m de lado. Se tendrá un depósito permanente de 6 espejos hexagonales individuales de repuesto para ser usados en los procesos de limpieza y renovación de sus superficies, con lo que se espera poder conseguir una máxima eficacia operacional, con menos del 2% de tiempo de paradas. La empresa alemana Schott, a finales del enero del 2001, ya entregó los primeros bloques de material para la construcción del espejo primario, a base de Zerodur (un producto patentado, parecido a Ceran con el que se fabrican las cocinas vitrocerámicas) que es una especie de vitrocerámica, muy homogéneo y poco sensible a los cambios de la temperatura. Los controles realizados han obtenido excelentes resultados. La empresa francesa Reosc se ha hecho cargo del material para proceder a la fabricación de las unidades hexagonales. El sistema óptico se completará con un espejo secundario, también casi hexagonal, muy ligero, de algo más de 1 metro de diámetro y con un espejo terciario de vidrio plano elíptico de ejes 1.062,7 y 1.510,9 mm respectivamente. Los sistemas informáticos de control se basan en un conjunto muy eficiente de subsistemas que trabajarán coordinadamente y el edificio del telescopio tendrá una base cilíndrica de hormigón con una cúpula que será una estructura metálica rotatoria de forma esférica con control de temperatura, protección contra el viento, compuertas deslizantes de observación que permitan observaciones cerca del horizonte, etcétera.

Con este gran telescopio en construcción, España se incorpora, por la puerta grande a las instalaciones europeas de la Gran Ciencia, en un campo en el que los astrofísicos españoles están demostrando su gran competencia, como es el caso de uno de los principales investigadores del IAC y participante en el proyecto, el Dr. Rafael Rebolo, quien recientemente recibió el premio «Mejor de La Verdad 1999» de Ciencia e Investigación.

CALIDAD

Las excepcionales condiciones de observación existentes en el Roque de los Muchachos, junto con la avanzada tecnología utilizada en la construcción del telescopio asegurarán que la degradación producida sobre la imagen por el efecto combinado de la cúpula, el calentamiento del espejo primario, la óptica en conjunto, así como otros factores, será inferior a 0,18 segundos de arco, lo cual es considerado como una cifra muy baja en relación con las hasta ahora existentes.

GESTIÓN

A mediados de 1994 se creó por el Gobierno de Canarias la empresa anónima, sin ánimo de lucro, Gran Telescopio de Canarias S.A. (Grantecan S.A.) para dotar al proyecto de una estructura eficiente de gestión y una gran capacidad ejecutiva. El 4 de abril de 1998 la Presidencia del Gobierno español aprobó la ejecución del telescopio. Actualmente la propiedad de Grantecan S.A. es compartida también por el Estado español. El Consejo de Administración está asesorado por un Comité científico en el que forman parte expertos extranjeros y científicos del IAC.

EMPRESAS

Desde principios de 1999 comenzaron a realizarse las primeras peticiones de ofertas y adjudicaciones parciales de los diversos módulos que constituyen el telescopio globalmente. Hasta ahora han sido varias las empresas españolas que han obtenido algunos de estos contratos. Así la agrupación de Ghesa (Madrid), Mocainsa (Gran Canaria) y Urssa (Vitoria) construyen la cúpula. ACS la obra civil e instalaciones auxiliares. Schwartz-Hautmont (Tarragona) y Ghesa (Madrid) la mecánica del telescopio y Cesa (Madrid) los soportes pasivos de los segmentos del espejo primario.

JAIME I Y LA ASTROFÍSICA

El 27 de julio de 1276 moría en Valencia Jaime el Conquistador, el más renombrado de los reyes medievales de Aragón, por sus grandes conquistas de territorios tan importantes como las Islas Baleares o Valencia. Pero, aunque el adjetivo de Conquistador sea el que ha perdurado, no fue menos importante su amor e impulso por la cultura.

Gracias a ese impulso compiló el importante código de derecho marítimo «Llibre del consolat del mar», e inspiró las crónicas que llevan su nombre, protegió a los cultivadores de las diversas ramas de la cultura, el Reino de Valencia recibió su propio sistema legal, ciudades como Barcelona adquirieron su propia administración cívica y sus súbditos llegaron a poseer una madurez cultural que los entendidos han calificado como admirable.

PREMIOS. Cuando, hace más de una veintena de años, el prestigioso bioquímico valenciano Santiago Grisolía regresó a su tierra natal tras haber desarrollado su fructífera labor profesional en Estados Unidos, posiblemente se planteó cuáles serían los sistemas actuales más eficaces para conseguir un mayor desarrollo de esa forma de cultura tan actual y universal que es la Ciencia. Y tuvo el acierto o la suerte de que los responsables sociales, políticos y empresariales sintonizaran en la idea de que hoy día el verdadero poder de un país o una región y, sobre todo, su futuro reside en la calidad de su ciencia y en su capacidad de innovación tecnológica. Y se fueron sucediendo múltiples iniciativas, en las que, de un modo u

otro, el profesor Grisolía ha participado, comenzando por el Centro de Investigaciones Citológicas y finalizando, por ahora, en la Ciudad de las Artes y de las Ciencias. En medio, una serie de realizaciones, siempre apoyadas por la Generalitat, con independencia del color político de sus sucesivos gobiernos, que han hecho que la Ciencia valenciana, en sus diversas manifestaciones, esté alcanzando un nivel muy destacado tanto nacional como internacionalmente.

Una de ellas es la de los Premios Jaime I, que son gestionados por la Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, a través de la Fundación Premios Jaime I. Comenzaron su andadura hace trece años, con la convocatoria de un único premio a la Investigación. El pasado miércoles se hicieron públicos los resultados de la convocatoria de este año, con 5 premios (Investigación, Economía, Medicina Clínica, Protección del Medio Ambiente y Nuevas Tecnologías), dotados cada uno con doce millones de pesetas, libres de impuestos. Pero el prestigio de un premio, más que en su dotación económica, reside en la categoría de los candidatos y en la relevancia científica del Jurado que los concede. En este caso ello es indiscutible, ya que, casi un 50% de los miembros de cada Jurado suelen ser Premios Nobel de valía excepcional, lo que ha significado la coincidencia, durante los tres días de deliberaciones en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia, de 14 de estos grandes Premios Nobel, acompañados de los miembros españoles procedentes de la Universidad, Centros investigadores, Industria, etcétera. Hoy comentaremos algunos aspectos del premio con más tradición, el de Investigación.

REBOLO. Hubo 57 candidatos para el Premio de Investigación, todos de relieve internacional, de campos tan diversos como Inmunología, Bioquímica, Biología molecular, Fisiología, las diversas ramas de la Química y de la Física, Matemáticas, Ciencia de los materiales, Astrofísica y Cosmología, etcétera. El presidente del Jurado fue el profesor Aaron Klug y secretario quien esto escribe. Tras el análisis detallado de los méritos de cada uno de ellos y tras las sucesivas fases de eliminación, el candidato final y unánime fue Rafael Rebolo López, nacido en Cartagena, hace 40 años. Su valía es tal que los cuatro Premios Nobel del Jurado, encomiaron su trabajo muy calurosamente haciendo saber que para ello, previamente, se habían asesorado de otros compañeros suyos, también Premios Nobel, expertos en los campos de Astrofísica y Cosmología.

En varias ocasiones, en otros artículos de divulgación, nos hemos referido a los impresionantes hallazgos en los que ha participado importantemente el Dr. Rebolo. Más aún, en una de las últimas celebraciones anuales de «Los Mejores de La Verdad», en su edición de Murcia, el Dr. Rebolo fue el galardonado dentro del área de Ciencia e Investigación, rememorando en el acto de entrega algunas de sus anécdotas juveniles cartageneras. El Dr. Rebolo desde 1984 realiza su labor investigadora (es profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas) en las excelentes instalaciones del Instituto de Astrofísica de Canarias. Bastantes de sus aportaciones investigadoras han sido de un gran impacto internacional, como algunas de las que reseñaremos brevemente a continuación.

ÉXITOS. Concretamente, en 1988, sus estudios sobre la abundancia de litio en las estrellas más antiguas de nuestra galaxia permitieron establecer restricciones a la densidad bariónica, parámetro del que depende esencialmente la composición química de la materia emergente del Big Bang. Colaborando con otros investigadores, fue en 1994, tras 10 años de trabajo, cuando en la revista Nature el Dr. Rebolo publicó la primera detección de estructuras en el fondo cósmico de microondas, que es la radiación que emergió del Big Bang. Es decir, la portadora de la huella de las primeras inhomogeneidades en el plasma primordial que, después, darían lugar a la estructura, en gran escala, del Universo.

En 1995, también en la revista Nature, su grupo investigador publicó el descubrimiento, por primera vez, de una estrella enana marrón, en la constelación de las Pléyades. La revista Nature destacaba el artículo en su cubierta, con el titular «Las enanas marrones existen: oficial». Las enanas marrones son cuerpos poco luminosos de tamaño similar a Júpiter y masas entre 15 y 75 veces mayores. Ese descubrimiento ha permitido saber que su número puede ser miles de millones, tan numerosas como las estrellas de nuestra galaxia.

En 1998 en la revista Science apareció su trabajo sobre la detección directa de un cuerpo con 25 veces la masa de Júpiter (una enana marrón) alrededor de una estrella cercana, fuera del sistema solar. En 1999, ahora en la revista Nature, publicó la primera demostración de que los agujeros negros se podían formar a partir de explosiones de supernovas, concretamente en GRO J1655-40. En el 2000,

nuevamente en Science, el grupo de Rebolo, mostraba las primeras pruebas directas de la detección directa de planetas gigantes (con masas 5-10 veces superiores a las de Júpiter) aislados de estrellas y en proceso de formación, en un cúmulo estelar muy joven situado en la región de Orión.

Lo mejor de todo es que la juventud del Dr. Rebolo y la pujanza de su equipo investigador parecen hacer garantizar que nos encontramos no al final de una excelente trayectoria, sino en pleno recorrido de un excepcional camino científico de grandes descubrimientos que reportará grandes satisfacciones para la Ciencia española, ayudando al conocimiento de nuestro Universo y sirviendo de ejemplo y de estímulo para los jóvenes científicos españoles que inician su andadura.

PRESIDENTE

Cuatro Premios Nobel formaron parte del Jurado del Premio Jaime I de Investigación, presidido por el profesor Aaron Klug, Premio Nobel de Química 1982. De origen lituano, desde 1962 ha trabajado en Cambridge, Reino Unido, en el Consejo de Investigaciones Médicas. En los años 50 participó en el descubrimiento de la estructura del ADN. Posteriormente investigó estructuras tridimensionales como la del virus del mosaico del tabaco o la de nucleosomas combinando brillantemente las técnicas de microscopía electrónica, difracción de rayos X y de neutrones así como técnicas de proceso de imágenes. Son bien conocidas por todos los que le tratan la meticulosidad, dedicación y profundidad de análisis en todas las tareas que emprende.

NOBELES

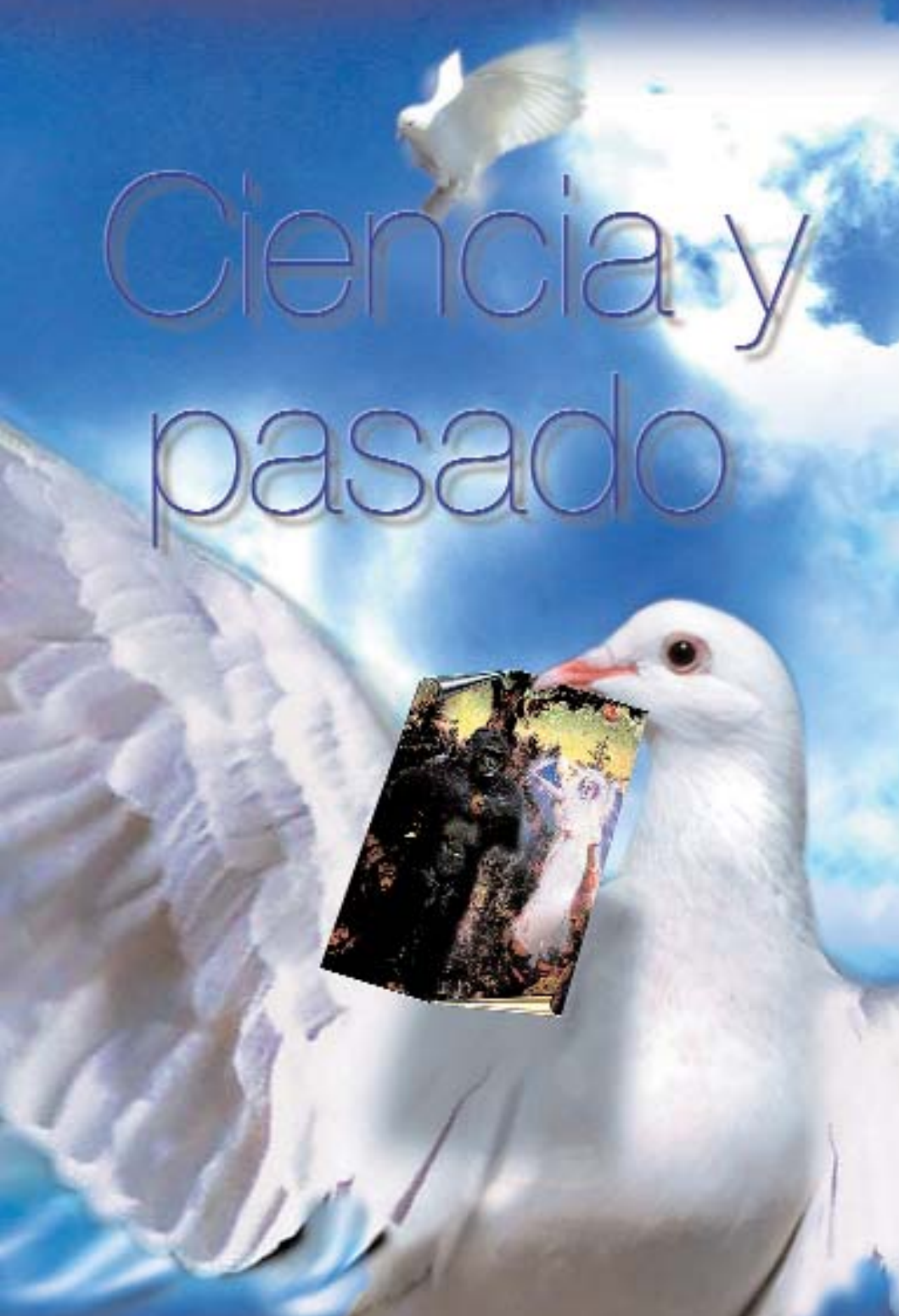
Otro miembro del Jurado de Investigación fue el médico y biólogo francés François Jacob, Premio Nobel de Medicina de 1965, quien desde 1950 ha trabajado en el Instituto Pasteur. Sus investigaciones, con Jacques Monod, predijeron la existencia de ARN mensajeros y establecieron el modelo genético operón. Otro

Jurado, el Premio Nobel de Medicina 1993, Richard J. Roberts; es de origen británico y actualmente es el director científico de la importante empresa americana New England Biolabs Inc. de Beverly. Descubrió que la información genética del ADN de mamíferos no es continua (intrones y exones). En cuanto al cuarto Premio Nobel, de Medicina 1972, Gerald M. Edelman, bioquímico estadounidense, realizó un trabajo brillantísimo que permitió conocer la estructura química de los anticuerpos, las inmunoglobulinas

OTROS PREMIOS

El resto de Premios Jaime I 2001 fueron: Economía para el economista José Viñals Iñíguez, por sus aportaciones sobre política macroeconómica de España en relación con Europa; Medicina Clínica para la Dra. Manuela Martínez Regulez, por sus investigaciones sobre desarrollo neuronal infantil y desórdenes metabólicos, con desarrollo de terapia específicas para ciertas enfermedades peroxisomales; Protección de Medio Ambiente al prof. de Investigación Víctor de Lorenzo Prieto, por sus investigaciones sobre bacterias descontaminantes de suelos; y el de Nuevas Tecnologías al veterano científico mazarronero prof. Eduardo Primo Yúfera, por su trayectoria pionera en la aplicación y desarrollo de nuevas tecnologías agroalimentarias.

Ciencia y pasado



© PACO HERNÁNDEZ

ADANES: ¿CUÁNTOS Y DÓNDE?

Entre antropólogos e investigadores de la evolución humana la hipótesis de su origen africano es la más aceptada, es decir, que todos los humanos modernos procedemos de una única, y escasa en número, estirpe humana procedente de África, que posteriormente emigró a diversas regiones del mundo y fue sustituyendo, sin mezclarse genéticamente con ellos, a otros tipos de humanos arcaicos. Pero, ahora, ciertas investigaciones introducen algunas dudas razonables sobre ello.

En otros artículos de divulgación hemos tratado en varias ocasiones de sucesivas novedades científicas relacionadas con el origen evolutivo del hombre moderno y, más concretamente, del análisis sobre las dos posibilidades anteriores mencionadas. Hay una mayoría de científicos que defienden que lo ocurrido no hace mucho tiempo (unos centenares de miles de años) fue la sustitución de los ya existentes grupos humanos arcaicos existentes (Neardental, Dali, Ngandong, etc.) por un grupo humano moderno procedente de África. Por otro lado, la hipótesis multirregional defiende la aparición del homo sapiens de un modo simultáneo, en diferentes zonas geográficas, como resultado de una larga y continua evolución.

MITOCONDRIAS. Ya en 1992, en el artículo de divulgación titulado «La búsqueda molecular de Adán y Eva» nos referíamos a ciertos resultados de estudios moleculares, sobre todo del ADN mitocondrial. Es bien sabido que el genoma

humano consta de bastantes decenas de miles de genes localizados en el núcleo, con dos reproducciones de cada uno de ellos, una paterna y otra materna. Pero en las mitocondrias, suborgánulos celulares, también existe una pequeña porción de ADN, con unas pocas decenas de genes, que poseen la particularidad de ser exclusivamente heredados por vía materna: las mitocondrias de cada nuevo individuo proceden de las mitocondrias del óvulo y no de las del espermatozoide.

De un modo relativamente periódico el ADN mitocondrial sufre mutaciones, que son transmisibles a las generaciones futuras, por lo que el fenómeno actúa como una especie de reloj molecular interno, que permite, a partir de las secuencias actuales de los ADN mitocondrial establecer las pautas y tiempos de una posible convergencia común. Así lo estudiaron algunos grupos investigadores, llegando a la conclusión de la existencia de un ADN ancestral común, lo que ocurrió hace unos pocos centenares de miles de años, ADN que estaba presente en una población total femenina reducida (menos de 5.000 hembras) y que era muy coincidente con el ADN mitocondrial presente actualmente en ciertas zonas de África.

También, en 1995, en otro artículo «Nuestras raíces» nos ocupábamos del origen del Homo sapiens sapiens, con el estudio de las opciones correspondientes a la teoría de la sustitución y a la teoría de la continuidad. Un año después, en «Atapuerca: nuestros ancestros», analizábamos las posibles fechas de las diferentes migraciones de homínidos desde África. Posteriormente, en «El enigma neandertal» comentamos las diversas posibilidades para explicar la desaparición y sustitución de los neandertales, lo que sirvió de estímulo para que, poco después, el prestigiosos catedrático de Prehistoria de la Universidad de Murcia, profesor Eiroa, ofreciese una documentada y experta divulgación sobre los últimos conocimientos existentes al respecto, apuntando la posible existencia no de un único hombre moderno, sino de varios tipos, así como la de híbridos (mezcla de neardentales con modernos). De un modo casi profético, el profesor Eiroa finalizaba su artículo diciendo: «No nos anticipemos a los acontecimientos... Puede haber sorpresas y en Ciencia siempre es conveniente la prudencia...»

Así es. Por ello, para reanimar el interés y la polémica sobre nuestros orígenes comentaremos dos recientes e interesantes investigaciones realizadas en Australia y Estados Unidos.

AUSTRALIA. Los antropólogos de la Universidad Nacional de Canberra también han investigado ADN mitocondriales. Lo han hecho sobre 10 diferentes restos fósiles hallados en lugares diferentes, con unas antigüedades comprendidas entre los 2.000 y los 15.000 años. Sus resultados se han publicado recientemente en la prestigiosa revista PNAS. Lo más importante es que también han sido capaces de realizar el análisis de ADN l sobre el LM3, es decir, el análisis del ADN mitocondrial humano más antiguo hasta ahora analizado, concretamente el de un individuo que vivió hace más de 60.000 años, tal como han corroborado tres sistemas diferentes de datación. Y han encontrado que LM3 poseía secuencias de ADN mitocondrial diferentes de las de los otros fósiles y de la de los individuos modernos. Estas secuencias están extinguidas en el moderno ADN mitocondrial humano, aunque existen, en forma de «recuerdo» en el ADN nuclear, en un inserto de nuestro cromosoma número 11.

El hecho de la no convergencia del ADN mitocondrial de nuestros antecesores no cuadra bien con la hipótesis de un origen ancestral africano común sino que sugiere mejor la existencia de un multirregionalismo. Ello significaría que los pobladores procedentes de África se cruzaron en diferentes lugares del Viejo Mundo con los humanos primitivos que vivían allí. Si ello es así, en el futuro, conforme se analicen más secuencias antiguas, podrán aparecer más divergencias, coherentes con la posibilidad de que el Homo sapiens haya heredado su ADN mitocondrial de precursores tales como el Homo erectus que se extendía por Eurasia unos 2 millones de años antes de que lo hiciera la inmigración procedente de África. Y, posiblemente, se puedan hallar secuencias, ahora extintas y ausentes en nuestro material genético, indicativas de la existencia, en su día, de cruces entre el Homo sapiens y el neandertal.

AMÉRICA. El Dr. Wolpoff, un antropólogo de la Universidad de Michigan, trabaja con materiales más clásicos, con huesos craneales. Pero sus resultados tam-

bién apuntan hacia el multirregionalismo, tal como han sido recientemente publicados en la revista Science.

Las investigaciones se basan en el estudio estadístico comparativo de una serie de características esqueléticas en diferentes muestras de cráneos. Globalmente, cuando menores sean las diferencias resultantes entre dos determinados, ello indicaría que sus poseedores originales estaban más relacionados. El equipo investigador ha analizado fósiles arcaicos de Ngandong, Java (que, según la teoría africana guardarían poca relación con los modernos), de neardentales (ídem), de Australia (14.000 años de antigüedad), de África (teórico origen común), de Israel, de Europa, etcétera. Los resultados globales obtenidos indican que los fósiles más recientes poseían simultáneamente rasgos locales (de los pobladores arcaicos) y rasgos africanos, es decir, que son congruentes con el multirregionalismo, con el hecho de que los humanos africanos, en su camino invasor, hubiesen ido cruzándose con los pobladores arcaicos de diferentes zonas geográficas. Por ejemplo, los australianos están más relacionados con los de Java que con los africanos o israelitas. Y los checos también parecieron mostrar una dualidad de origen en relación con los neardentales y los africanos.

Evidentemente, las comentadas son investigaciones no definitivas, sometidas a los comentarios críticos de otros grupos investigadores, pero permiten acumular informaciones preciosas sobre nuestro origen. Pero siempre, de acuerdo con el profesor Eiroa, hemos de recordar que en este tema la Ciencia aún no ha dicho la última palabra.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

En el último número de la revista médica Lancet se publica una investigación relacionando la dopamina con la obesidad. Ese neurotransmisor cerebral ayuda a producir sensación de satisfacción y placer y está ligado también con la adicción a la cocaína, el alcohol y otras drogas. Lo que se ha encontrado es que las personas obesas suelen poseer menos receptores que las normales para el receptor de dopamina, lo que abre futuras perspectivas para el trata-

miento de la obesidad, basadas en la regulación del receptor o sus receptores. Es interesante saber que el ejercicio físico produce un incremento de ambos parámetros.

PRÓTESIS

Investigadores alemanes han publicado en la revista Lancet lo que parece constituir la prótesis intravital más antigua conocida, realizada hace más de 3.000 años en Tebas. Se ha encontrado en la momia de una mujer que debió morir a una edad de unos 55 años. Se trata de una prótesis completa, en madera artísticamente trabajada, del dedo mayor de un pie derecho, sujeta a éste mediante unas correas de cuero y unas piezas adicionales de madera. En el Museo Británico también se puede contemplar otra momia tebana que posee una prótesis completa de un pie, fabricada con una mezcla de tejido de lino y de escayola.

LÍMITES DE VELOCIDAD

Además de legisladores y conductores también los físicos pueden contribuir al debate entre límites de velocidad, seguridad en el tráfico y número de accidentes. Pronto se publicará en la revista Physical Review una investigación realizada al respecto por investigadores físicos de Taiwan usando un complejo sistema de simulación, en el que se tienen en cuenta hasta los aspectos sicológicos de los conductores. Entre las conclusiones interesantes obtenidas está la de que «en lugar de un exceso de velocidad, la mayoría de los accidentes de automóviles son un resultado de no guardar la correspondiente distancia de seguridad».

EL REY MITRÍDATES Y LA HIERBA DE SAN JUAN

El poeta y erudito clásico inglés Alfred Edward Housman (1859-1936) fue catedrático de latín en las Universidades de Londres y Cambridge siendo muy respetado por sus profundos conocimientos sobre las obras de los poetas latinos como Juvenal, Lucano y Manilio. Pero, sin duda, por lo que pasó a la posteridad fue por la calidad de sus propias obras poéticas, de gran belleza y delicado sentido irónico.

Fue precisamente uno de sus poemas el que inmortalizó y popularizó la leyenda del rey Mitrídates VI Eupátor (132-63 a. C.) quien, hace más de dos mil años, reinaba sobre el Ponto, en lo que actualmente es el noreste de Turquía. Su espíritu combativo y guerrero le mantuvo en continua lucha contra los generales romanos hasta que, en el año 63 a. C., cuando intentaba invadir la península Itálica desde el Norte, sus tropas, mandadas por su hijo Farnaces, desertaron. Mitrídates se suicidó. Contaba con la avanzada edad, para esa época, de 69 años y contra él habían resultado infructuosos los múltiples intentos de envenenarlo que fueron pertrechando sus enemigos a lo largo de los años. De ahí que viviese rodeado de una leyenda de inmortalidad. ¿Cuál era su secreto?.

HIPÉRICO. En el poema de Housman se dice «Ellos le ponían arsénico en la carne / y, espantados, le observaban comer / ellos vertían estricnina en su copa / y, conmocionados le veían beber...». Posiblemente, y gracias a unas interesantísimas y prometedoras recientes investigaciones farmacológicas realizadas, entre

otros, por el endocrinólogo molecular Ronald Evans, hoy podemos estar en disposición de saber las razones moleculares de la resistencia del rey Mitrídates: su consumo habitual de la hierba de San Juan le hizo activar unos receptores celulares conocidos como SXR, lo que condujo a una hiperactividad de su sistema hepático enzimático CYP3A. Pero expliquemos ello de un modo más sencillo.

El hipérico o hierba de San Juan (Hypericum perforatum) es el nombre común de algunos miembros de la familia Hipericáceas. Es la especie más abundante de una familia de hierbas anuales y perennes de las regiones subtropicales y templadas de todo el mundo. Algunas de ellas se usan en arriates y jardines de rocalla. La hierba de San Juan, nativa de Europa, se ha naturalizado en el Nuevo Mundo, donde se comporta como mala hierba. Los pétalos de la flor, de color amarillo dorado y moteados de negro a lo largo de los bordes, son el doble de largos que los sépalos.

Su uso medicinal ha sido variado a lo largo del tiempo. Recientemente fui obsequiado, con motivo de una celebración académica personal, con un precioso ejemplar facsímile de la edición de Salamanca, de 1556, de la valiosísima obra de los Discórides, de Andrés de Laguna, subtitulada «Acerca de materia medicinal y de los venenos mortíferos». De ella extraigo los siguientes comentarios sobre la hierba de San Juan: «El hipérico, llamado ambroseno de unos, de otros corio y camepitys por otros, que quiere decir pinillo, porque su simiente huele a resina de pino... Tiene facultad de mover la orina, y aplicado por abajo provoca el menstruo. Bebido con vino extermina las tercianas y las cuartanas. Su simiente bebida por una cuarentena de días, cura la ciática, y las hojas con la simiente aplicadas en forma de emplasto, sana las quemaduras del fuego».

BASURERO HEPÁTICO. ¿Qué maquinaria posee nuestro cuerpo para defendernos contra los venenos y sustancias químicas foráneas?. Sabemos que nuestro hígado, ante la presencia de moléculas potencialmente peligrosas, responde incrementando la producción de la enzima CYP3A, que es capaz de romper esas moléculas, inactivándolas, actuando como una especie de trituradora específica contra los desechos indeseables y peligrosos, entre los que se incluirían, posiblemente, muchas de las toxinas que las plantas contienen para luchar biológicamente contra el peligro de ser comidas por sus depredadores.

¿Cómo se pone en marcha el proceso?. Hasta ahora, se creía que las células hepáticas podrían poseer un gran número de receptores capaces de reconocer a cada una de las moléculas amenazantes. Esos receptores actuarían como el interruptor de puesta en marcha del proceso de defensa. Pero la sorpresa está siendo el que todas las investigaciones apuntan hacia una única (o unas pocas) proteína receptora (quizá ayudada por otra serie de ellas) que puede reconocer a todos de los miles de compuestos peligrosos y alerta a las células hepáticas para destruirlos.

La clave de este descubrimiento provino de observaciones realizadas sobre muchos pacientes consumidores habituales de la hierba de San Juan, usada muy extensamente para el tratamiento de la depresión. Se comprobó que en ellos era normal que fuesen muy bajas las concentraciones plasmáticas de los diferentes fármacos que pudieran tomar por sus distintas patologías. Así, estos dos últimos años se han acumulado datos de este tipo relacionados con los siguientes medicamentos: teofilina (contra el asma), warfarina (anticoagulante), hormonas contenidas en las píldoras para el control de la natalidad, ciclosporina (inmunosupresor usado tras un trasplante de órganos), idinavir (una de las drogas antivirales contra el SIDA). Todo ello ha obligado a que las autoridades médicas avisen a los enfermos que han de usar estos u otros medicamentos para que no simultaneen ello con el consumo de la hierba de San Juan.

HIPERFORINA. Varios grupos de investigación acaban de aclarar el proceso. La hierba de San Juan contiene un compuesto denominado hiperforina que, posiblemente es también el responsable de su acción antidepresiva. La hiperforina es reconocida por un receptor específico proteínico de las células hepáticas, el receptor SXR. Ese reconocimiento activa al receptor, lo que provoca la estimulación de la enzima CYP3A, que es capaz de romper a la ciclosporina, idinavir, teofilina, warfarina, hormonas sexuales, etcétera.

Otro hallazgo ha sido que el sistema CYP3A ayuda a fraccionar a los ácidos biliares, lo que puede ser de gran ayuda en la condición conocida como colestasis o cálculos biliares. Estos descubrimientos pueden conducir a otros semejantes, también de gran interés. Por ejemplo, en la revista Nature se ha descrito que el

fenobarbital activa a un gen CAR que codifica a otro receptor, el cual posee unas propiedades semejantes al SXR, activando a otra enzima, la CYP2B, que es capaz de romper a otra serie de productos, entre ellos la cocaína.

Por tanto, sin conocimientos de la Bioquímica más actual, hace más de dos mil años posiblemente el rey Mitrídates la practicó, de modo que su consumo habitual de hierba de San Juan pudo incrementar sus niveles de receptores SXR y de enzimas CYP3A a niveles tan altos que fueron capaces de destruir los venenos con los que sus enemigos trataban de asesinarle.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

La alimentación materna no sólo es buena para la salud de los recién nacidos sino para las madres. Según un estudio publicado en la revista American Journal of Epidemiology esta práctica reduce drásticamente los riesgos femeninos de sufrir cáncer de mama, hasta cifras del orden del 50%. La investigación la han realizado investigadores de la Universidad de Yale, sobre cerca de un millar de mujeres chinas. Las causas del efecto protector de la lactancia materna sobre la madre se desconocen pero podría deberse a una menor exposición a estrógenos o a que las mamas maternas redujesen con ello su almacenamiento en carcinógenos liposolubles.

ASPIRINA

Una investigación recién publicada en el British Medical Journal ha estudiado los efectos del uso de bajas dosis de aspirinas sobre más de 30.000 mujeres con riesgos de sufrir preeclampsia o toxemia (náuseas, hipertensión) y sus complicaciones durante el embarazo. Los resultados indicaron un 15% de reducción en el riesgo de preeclampsia, otro 14% de disminución de nacimientos de niños muertos y de muertes neonatales, así como un 8% de reducción de nacimientos prematuros. Dados los moderados efectos se están investigando otros aspectos de su

aplicabilidad, criterios para seleccionar a las mujeres de mayor interés o el mejor momento del comienzo del tratamiento. Una dirección útil de Internet sobre preeclampsia es: www.apec.org.uk

UNIVERSO

Un equipo internacional de astrónomos ha dado una nueva respuesta a la pregunta de cuál es la verdadera edad del Universo en un artículo publicado recientemente en la revista Nature. Su nueva cifra sería la de 12,5 mil millones de años, con un error máximo de 3 mil millones de años. Para ello se ha usado un nuevo procedimiento, en lugar de la medida de la velocidad de expansión del Universo. Ha consistido en medir los elementos radiactivos torio y uranio en una estrella muy antigua, la CS31082-001, usando una técnica conocida como cosmocronometría radiactiva.

EL BANQUETE FUNERARIO DEL REY MIDAS

Del rey Midas, sin duda lo más popular es su clásica leyenda. Según la Mitología griega fue rey de Frigia, en Asia Menor, donde capturó y prestó hospitalidad al sátiro Sileno, compañero de Dionisio, Dios del vino. En compensación por ello, Dionisio le concedió la gracia de transformar en realidad el deseo que quisiese. El rey Midas pidió que se convirtiera en oro todo aquello que tocase.

Los relatos míticos cuentan que pronto hubo de arrepentirse de tal elección, ya que ello le sucedía hasta con la comida y el agua. Para conseguir librarse de tales consecuencias, Dionisio le recomendó bañarse en el río Pactolo (cerca de Sardis, en la actual Turquía). Y sigue contando el mito que, después, se descubrió que también las arenas del río contenían oro. Ovidio, en su «Metamorfosis» relata, asimismo, otra historia sobre la transformación de las orejas del rey Midas en otras de asno, a raíz de su participación en una disputa musical entre los dioses Apolo y Pan.

HISTORIA. ¿Existió realmente un rey Midas de Frigia?. Recordemos que Frigia era una antigua región del Asia Menor, en lo que actualmente es Turquía, cuya extensión y fronteras variaron durante los distintos periodos históricos, desde que los frigios, que eran un pueblo indoeuropeo procedentes de Tracia la ocuparon hacia el 1200 a. C., hasta su nueva conquista, en el siglo VI a. C., por Creso, rey de Lidia, tras lo que pasó sucesivamente bajo el dominio de Persia, Macedonia,

Pérgamo y Roma. En relación con la existencia del rey Midas, la Ciencia no sólo puede decir algo al respecto, sino que, recientemente, ha llegado al extremo de aclarar, casi con total exactitud, las características culinarias del banquete funerario celebrado con motivo de su fallecimiento y entierro.

Herodoto, en la literatura griega, es quien primeramente cita a un rey Midas de Frigia, que vivió posiblemente hacia el s. VII a. C. Se han encontrado diversos testimonios de relaciones de varios reyes, que llevaron alternativamente los nombres de Gordio y Midas, por lo que el nombre parece corresponder más a una dinastía que a un individuo. Gordio era también el nombre de la capital de Frigia que se encontraba ubicada cerca de la actual Ankara. Asimismo Midas era el nombre de otra importante población. En la fértil región del valle del Sangario se cultivaban viñas y se extraía mármol frigio, famoso en la antigüedad. La religión de los frigios, con una amplia variedad de ritos orgiásticos, se basaba en un culto extático a la naturaleza, desempeñando los papeles protagonistas la Gran Madre de los Dioses, Rea, o Cibeles, junto a una deidad masculina, Sabacio. Los ritos orgiásticos de esta religión influyeron en griegos y romanos. Y hasta nuestros días ha llegado el símbolo de libertad, representado por el gorro frigio, que fue utilizado en tiempos romanos por los esclavos liberados, incorporándolo los revolucionarios franceses a su indumentaria.

Pero Herodoto se refería no a una dinastía real, sino a un rey concreto, posiblemente el mismo cuyo conocimiento comienza a ser una realidad gracias a la colaboración entre la Arqueología clásica y la Arqueología molecular.

TUMBA. Hace unos años, en Turquía Central, cerca de donde debió estar la antigua Gordio, se descubrió el denominado «túmulo del montículo de Midas», donde se hallaba lo que se posiblemente fuese la tumba del verdadero rey Midas. Sus condiciones de preservación eran excelentes, constituyendo posiblemente la estructura intacta de madera más antigua conocida del mundo, con una antigüedad que parece remontarse al año 700 a. C. Allí yacía el cuerpo de un varón, de una edad comprendida entre los 60-65 años, reposando sobre una gruesa capa de materiales textiles, situados dentro de un gran ataúd de madera, que estaba acompañado de otros 14 bellos muebles de madera. La gran monumentalidad del

conjunto y su extremada riqueza ornamental eran indicio de un enterramiento real, lo que se ha confirmado con el estudio de diversas inscripciones asirias contemporáneas.

Para el estudio de las costumbres de la época también ha resultado de gran interés el hallazgo en la tumba de más de un centenar de bellos vasos y recipientes de bronce utilizados en lo que debió constituir un gran banquete funerario. En ellos, tras el transcurso de más de 2.500 años aún permanecían los restos fosilizados de las comidas y bebidas consumidas. ¿Podría la Ciencia, a partir de la investigación de esos restos, descubrir las costumbres culturales y culinarias de aquella lejana civilización?. Así lo ha hecho un equipo de investigadores americanos, a quienes podríamos denominar arqueólogos moleculares, usando técnicas muy especializadas de espectroscopía infrarroja.

EL BANQUETE. En los relatos homéricos de La Iliada y La Odisea se reflejan algunas tradiciones griegas y de Anatolia del s. VIII a. C. e, incluso, anteriores. Por ejemplo, se describen banquetes funerarios en los que se servían pinchos y porciones asadas de oveja y cabra, junto con una bebida obtenida de la fermentación de una mezcla de frutas como uvas, manzanas o arándanos. Caso particular de los muchos relatos encontrables al respecto es la siguiente cita, extraída del canto VIII de La Iliada, cuando Patroclo «en un tajón que acercó a la lumbre, puso los lomos de una oveja y de una pingüe cabra y la grasa espalda de un suculento jabalí. Automedonte sujetaba la carne; Aquiles, después de cortarla y dividirla, la clavaba en asadores; y el hijo de Menetio, varón igual a un dios, encendía un gran fuego; y luego, quemada la leña y muerta la llama, extendió las brasas, colocó encima los asadores asegurándolos con piedras y sazonó la carne...»

Los hallazgos de los investigadores sobre los residuos de alimentos hallados en la tumba del rey Midas acaban de hacerse públicos en la revista Nature y confirman cabalmente la exactitud de los relatos. Los restos de lípidos se corresponden a grasas con alto contenido en ácidos grasos saturados (ácidos palmítico y esteárico), así como con una pequeña proporción de ácido graso monoinsaturado (ácido oleico). Ello, junto con la cantidad detectada de colesterol y de otros ácidos orgánicos saturados de 6 a 10 átomos de carbono (ácidos caproico, caprílico

y cáprico) indican su casi segura procedencia a partir tejidos grasos de cabras. Otros derivados indican que la carne fue pasada «a la parrilla» antes de ser cortados los huesos y de que fuese sazonada con hierbas y especias mediterráneas. En cuanto a los restos encontrados en los recipientes de bebida indican que sus constituyentes originales (ácido tartárico, oxalato cálcico y ceras) procedían de la fermentación de uva (vino), de cebada (cerveza), y otras frutas, mezcladas con miel. Es decir, que la Ciencia no sólo nos descubre el pasado sino que también nos ayuda a confirmar la exactitud de los detalles de relatos tan míticos como los homéricos.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Ya se conocían las propiedades del té verde como un excelente antioxidante protector contra diversas patologías. Ahora, investigadores suizos, le han encontrado otra aplicación muy interesante: ayuda a perder peso. El consumo de tres infusiones diarias de té verde (que contienen 50 mg de cafeína y 90 mg de epigalocatequina) estimula en un 4% la energía que se disipa como calor procedente de la oxidación de las grasas (efecto termogénico). Además, al contrario que otros ciertos preparados que se usan para perder peso, no provoca un incremento de la frecuencia cardiaca, lo que es especialmente interesante para las personas obesas con hipertensión u otras complicaciones cardiovasculares.

CAJAL

Pasado más de un siglo desde que D. Santiago Ramón y Cajal publicase sus principales trabajos respecto a la organización y desarrollo del sistema nervioso, los neurobiólogos anglosajones siguen estudiando con fascinación sus ilustraciones e ideas. Una de sus principales obras, «Textura del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados», fue traducida y publicada en francés, en dos volúmenes, en 1909-1911, bajo la supervisión del propio D. Santiago. En 1995 Oxford

University Press hizo la traducción inglesa, a partir de la versión francesa. Ahora, la editorial Springer está ofreciendo una nueva versión inglesa, traducida directamente del español, en tres tomos. El primero ya ha aparecido y ha tenido una excelente acogida.

BACTERIA ANTINUCLEAR

Una de las mayores complicaciones de las tecnologías nucleares radiactivas es el almacenado y/o destrucción de los residuos generados. En 1956, en conservas cárnicas, se descubrió una bacteria de color rosado y olor fétido, la Deinococcus radiodurans, cuya aparición sobre la Tierra debió tener lugar hace unos 2.000 millones de años. Se le bautizó con ese nombre porque demostró poseer la asombrosa capacidad de soportar dosis de radiaciones 2.000 veces superiores a las que matarían a un ser humano. Ahora, mediante técnicas biotecnológicas los científicos han conseguido fabricar variedades de esta bacteria capaces de transformar el mercurio tóxico, acumulado en las plantas de fabricación de armas nucleares, en otro derivado muchísimo menos tóxico, por lo que se abre su uso como descontaminante radiactivo.

© PACO HERNÁNDEZ

Un láser resucita a Arquímedes

UN LÁSER RESUCITA A ARQUÍMEDES

Sus métodos se anticiparon 2.000 años a los pensamientos de Newton y Leibniz. Fue el mayor matemático de la antigüedad, un portentoso físico y un ingenioso inventor. Sin embargo, se perdieron las versiones originales de sus trabajos, más de treinta, que sólo conocemos a través de algunas traducciones posteriores al griego clásico, árabe o bizantino.

De su vida (287- 212 a. C), en el siglo I antes de Cristo, se conoce poco aunque gran parte de ella transcurrió en Siracusa. En la segunda guerra púnica entre Cartago y Roma, los romanos lograron invadir Siracusa y aunque el cónsul Marcelo había ordenado respetarlo, parece ser que Arquímedes se encontraba estudiando unos dibujos que había hecho en la arena para resolver un problema geométrico cuando un soldado romano llegó y los borró. Ante las palabras recriminatorias del sabio la respuesta fue proceder a su muerte. Y fue Cicerón quien, en el año 75 antes de Cristo, en una visita a la isla de Sicilia, restauró su tumba tras descubrirla gracias a que tenía una inscripción de una esfera en un cilindro.

OBRA. Entre los descubrimientos matemáticos de Arquímedes destacan: la superficie y el volumen de la esfera, la obtención de un valor muy exacto para el número p, diversos teoremas sobre el centro de gravedad de figuras planas y sólidos, así como la conocida como espiral de Arquímedes. En Física sus aportaciones también fueron de gran brillantez: el principio hidrostático que lleva su nombre, asociado a la anécdota de la corona falsa de oro del rey de Siracusa con su

salida por las calles de esa ciudad, desnudo, gritando «¡Eureka!» (lo encontré). Y el establecimiento de las leyes de la palanca hizo que se le atribuyera la frase: «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo».

Y entre sus más de cuarenta inventos mecánicos destacan la rueda dentada, el tornillo sin fin, su aplicación para una máquina elevadora de agua, la polea compuesta, los espejos cóncavos (con la leyenda de su uso para incendiar las naves romanas) así como unas eficaces catapultas usadas contra los romanos en su asedio a Siracusa. Y, aunque no los demostró estableció principios tan importantes como: 1. «La línea recta es la más corta entre dos puntos»; 2. «De dos líneas cóncavas hacia el mismo lado y que tienen los mismos extremos, es mayor la que queda externa a la otra»; 3. «De dos superficies que pasan por una misma curva cerrada, es mayor la exterior».

Por ello, ante los logros de una mente tan privilegiada, en el mundo científico despierta expectación la posibilidad de conocer las versiones de alguna de sus obras más cercanas a su propia vida, tal como él las escribió. Ahora se abre una muy atrayente posibilidad con la única versión sabida de una de las más importantes, conocida como «El Método» donde, por ejemplo, Arquímedes mostraba cómo consiguió obtener la fórmula para calcular el volumen de una esfera.

EL MÉTODO. La historia de este manuscrito es fascinante. El rollo de papiro original, sin duda fue copiado y recopiado, pero todos los ejemplares se han perdido, excepto uno, conteniendo siete tratados, que fueron transcritos en el siglo X por unos monjes escribas del Convento del Santo Sepulcro de Constantinopla (hoy Estambul). Allí permaneció unos doscientos años, hasta que en un momento determinado, durante las Cruzadas, los monjes quisieron escribir un libro de oraciones y tomaron el manuscrito, lo rasparon para eliminar lo más posible la escritura previa, cortaron las páginas originales por la mitad, las giraron 90º y volvieron a rescribirlas con la serie de plegarias y oraciones.

A este tipo de textos rescritos sobre el mismo soporte se les denomina palimpsestos. El Palimpsesto de Arquímedes desapareció y fue desconocido hasta el año 1907, cuando un investigador lo reencontró y reconoció. Con la ayuda de lupas y una gran minuciosidad se pudo transcribir parcialmente algo del contenido origi-

nal de Arquímedes, contenido que fue ampliamente divulgado. Sin embargo, con la Primera Guerra Mundial el libro, de 174 páginas, volvió a desaparecer.

Su reaparición tuvo lugar en el año 1998, en las célebres subastas de la Galería Christie y un coleccionista anónimo lo adquirió por dos millones de dólares y lo donó, para su cuidado, al Museo Walters de Baltimore. Como es lógico durante este deambular de siglos el Palimpsesto de Arquímedes sufrió daños de humedades, fuegos, maltratos e, incluso, en época reciente, se había intentado aumentar fraudulentamente su valor como libro de oraciones, pintando en cuatro páginas miniaturas evangélicas doradas. Ante ello, no es de extrañar, que William Noel, uno de los técnicos del Museo Walters, dijese que era el manuscrito con aspecto más horrible que nunca había visto. ¿Qué hacer entonces?. La Ciencia nos ha abierto una puerta esperanzadora para lograr su recuperación o «resurrección».

LÁSERES. Un equipo científico de investigadores de la Universidad John Hopkins y del Instituto de Tecnología de Rochester han decidido poner manos a la obra usando diversas aproximaciones, entre ellas la microscopía confocal, que es una técnica de análisis de alta resolución que se aplica en investigaciones celulares. Este procedimiento ya se usó, con éxito, en 1996 para examinar los Manuscritos del Mar Muerto.

Para conseguirlo una posibilidad es la de las imágenes digitales. El ojo humano puede detectar las radiaciones luminosas comprendidas entre los 400 y los 700 nanómetros (1nm es una milmillonésima parte de un metro). Pero la instrumentación digital permite usar un espectro de radiaciones mucho más amplio que el de la visión humana, dividiendo el espectro en 40 regiones diferentes. En cada una de ellas se toman fotografías y las 40 imágenes del mismo objeto o página son analizadas mediante complejos programas de ordenador que llegan a determinar cuál es la longitud de onda en la que mejor se distinguen los restos del escrito primitivo de los añadidos posteriores.

Simultáneamente se están utilizando otras técnicas de tipo magnético, ya que los escribas del siglo X utilizaban tinta conteniendo pigmentos de hierro que poseen propiedades magnéticas, cuyos restos permanecen bajo las capas de los sobrescritos posteriores, ya que la tinta a partir de pigmentos de oro no presenta magnetismo.

En cuanto a la microscopía confocal, emplea un escáner láser para hacer el análisis bajo la superficie externa de las páginas. Con ello los científicos crean capas y capas de imágenes bidimensionales para intentar determinar el orden temporal de los trazos hallados. Y el final previsible es que todo ello nos permitirá mejorar la versión heterogénea del MÉTODO de Arquímedes realizada penosamente en 1907. Y, sin duda, nos proporcionará una visión más cercana a la inteligencia y poder creador de uno de los grandes creadores de los fundamentos de lo que, después, llegó a convertirse en la Ciencia moderna.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

¿Cómo se alimentaban nuestros antepasados de las cavernas y qué relación puede existir con el cambio genético que los hombres hemos experimentado durante los miles de años transcurridos?. En la revista PNAS recientemente apareció una investigación sobre los restos óseos de Neandertales hallados en Croacia en la que el análisis de los isótopos de nitrógeno distingue su diferente acumulación en plantas y animales, lo que permite deducir datos sobre su tipo de alimentación. La deducción alcanzada es que, antes de que se desarrollaran las prácticas agrícolas, la carne era un importante alimento para ellos y que más que aprovechar los restos animales encontrados eran unos eficaces cazadores de los mismos.

NUEVA LUNA

Astrónomos americanos acaban de identificar, a través del Spacewatch, transcurridos más de 25 años del descubrimiento de la última, una nueva luna del planeta Júpiter, que hace la número 17 de este planeta. El objeto, de tan sólo unos 6 km de diámetro, fue localizado a principios de 1999, pero erróneamente se había considerado como un asteroide, bautizado como UX18 1999. Ahora nuevamente se ha rebautizado como la luna S/1999 J1, perteneciente a un subgrupo de satélites externos de Júpiter que giran a su alrededor con una órbita que dura aproximadamente dos años.

PESANDO BACTERIAS

La identificación de poblaciones numerosas de bacterias es fácil, pero no ocurre lo mismo con la presencia de unas pocas o de tan sólo una de ellas. Un nuevo instrumento, que las pesa, puede conseguirlo tal como se acaba de publicar en la revista Applied Physics Letter. Se trata de una especie de balanza mecánica microelectronizada que funciona como un diminuto trampolín (de un grosor del orden de cienmillonésimas de milímetro) fabricado con nitruro de silicio. Cuando las bacterias se sitúan sobre el brazo éste se agita y un dispositivo láser reconoce la frecuencia de la oscilación producida, que depende del peso de la bacteria. Por ahora, se ha comprobado que, en el vacío, responde a la presencia de una sola bacteria. Con la incorporación de unos sensores inmunológicos también logra la identificación del tipo de bacteria analizada.

... Y, MAÑANA, ¿ES NAVIDAD?

Navidad 2000. Fin de siglo y de milenio. Ambiente festivo e invernal, belenes, villancicos, árboles navideños, tarjetas de felicitación, los tres Reyes Magos... Efectivamente, hoy es 24 de diciembre de 2000 pero, ¿debemos celebrar mañana los 2000 años transcurridos desde la primera Navidad?. ¿Son genuinos los signos externos de la Navidad que estos días nos rodean y abruman?

La contestación correcta consistiría en un rotundo NO. Aunque, necesariamente, hemos de movernos en un terreno preñado de conjeturas, las investigaciones históricas y astronómicas tienden a señalar que, más acertadamente, la conmemoración 2000 del nacimiento de Cristo, debería haberse realizado hace unos cinco años y en otra época del año, en primavera. Aparte de que la polémica sobre el inicio del nuevo siglo y milenio también está incorrectamente planteada. Ya habría tenido lugar, unos días después de esa verdadera Navidad 2000 que nos pasó inadvertida.

EVANGELIOS. Como es lógico respecto a este tema, las referencias más precisas a las que acudir serían las evangélicas, más concretamente las de los relatos de San Mateo y San Lucas. De ellas, Mateo (2, 1-3) y Lucas (2, 1-8), se puede deducir que, coincidiendo con el nacimiento de Jesús, reinaba en Judea Herodes el Grande, se estaba realizando un censo y que Cirinio era gobernador de Siria.

Según la investigación histórica, Herodes murió antes de la Pascua Judía, pocos

días después de un eclipse de Luna que pudo verse en Jericó. Astronómicamente, ello es congruente con el eclipse que tuvo lugar, según nuestro actual calendario, el 13 de marzo del año 4 a. C. Por otra parte, el evangelista San Mateo (2, 16) afirma que, en vida, Herodes mandó matar a todos los niños menores de dos años de edad que había en Belén y alrededores, lo que obliga a pensar, atendiendo a este evangelista, en un nacimiento de Jesús acaecido entre los años 7 a. C. y 5 a. C. Respecto a los censos, en sus 40 años de gobierno, Augusto César mandó hacer tres censos tributarios cuya confección sería, lógicamente, lenta: en los años 28 a.C., 8 a.C. y 14 d.C. Y en cuanto a Cirinio, aunque según los datos históricos no fue gobernador de Siria hasta el 6 d. C., es cierto que había desempeñado varios cargos gubernamentales desde los años 6 a. C y 5 a. C. El margen, pues, siguiendo a Lucas, se ampliaría hasta cubrir desde el 8 a. C. al 14 d. C.

CALENDARIO. Hasta el siglo VI se usaba el calendario romano, basado en los años transcurridos desde la fundación de Roma. En el año 532, Dionisio el Exiguo, monje y astrónomo, propuso al obispo Petronio un nuevo calendario cristiano que tuviese como base el nacimiento de Jesús. Para confeccionarlo, el método empleado por Dionisio fue el de escribir una relación de todos los emperadores romanos, desde adelante hacia atrás, contabilizando los años de gobierno de cada uno de ellos. Aunque el principio utilizado era válido, Dionisio cometió dos equivocaciones fundamentales: La primera fue la de marcar la fecha del nacimiento de Jesús como año 1, en lugar de 0. (Obsérvese que la consideración de este hecho resuelve las polémicas sobre si el inicio de siglo y milenio era el 1 de enero de 2000 o el 1 de enero de 2001. También ello significa que la Navidad de 2000 conmemora 1999 años transcurridos, no 2000, tras la primera Navidad). La corrección de este error, a fin de que el calendario actual sea más preciso, nos llevaría a cambiar de fecha para la primera Navidad, que tendría que ser la del año –1, a fin de que la Navidad 2000 celebrase realmente los 2000 años transcurridos tras la primera. El segundo error, más importante, consistió en que Dionisio no tuvo en cuenta que Augusto César había gobernado con su verdadero nombre, Octavio, durante 4 años. Por tanto, es necesario realizar otra nueva corrección, que significaría que nos llevaría a que el nacimiento de Jesús tuvo lugar en el año 5 a. C. de nuestro calendario actual.

En cuanto a la fecha del 25 de diciembre, o próximas, se corresponde a las de las fiestas paganas, conmemorativas del solsticio del invierno, cuando comienza el renacimiento del sol y el alargamiento de los días. Frecuentemente se asociaban esas fechas a los nacimientos de los dioses: Horus (Egipto), Dionisio (Grecia), Baco (Roma), Mitra (India), Buda (Oriente). Fue a mitad del s. IV cuando la Iglesia decidió absorber y cristianizar las fiestas paganas, unificando la fecha del 25 de diciembre, que en España ratificó, en el año 380, el Concilio de Zaragoza. Antes del s. IV, por ejemplo, los armenios celebraban la Navidad el 6 de enero y los egipcios y griegos el 8 de enero.

Entonces, ¿en qué día y mes se debería celebrar la Navidad?. Se carece de datos para responder con una contestación fundamentada, pero el Evangelio de San Lucas señala la falta de sitio en la posada y que los pastores de la región velaban la noche vigilando el ganado. Los alojamientos ocupados sugieren una época próxima a la Pascua Judía, días en los que el pueblo se trasladaba a las ciudades para celebrarla. En cuanto a los pastores, en invierno guardaban el ganado en corrales, y para pasar al raso la noche sería más congruente pensar en los meses primaverales, en los que los rebaños pacen y tienen lugar los partos.

LA ESTRELLA. El Evangelio de San Mateo (2, 1-9), el protoevangelio de Santiago (Evangelios apócrifos), y una epístola de San Ignacio de Antioquía (s. I) son los documentos más importantes de este extraordinario hecho astronómico que guió a los Tres Reyes Magos, quienes a la luz de diversos estudios posiblemente no eran reyes, ni tampoco magos, aunque sí personajes importantes en aquella época, unos astrólogos procedentes de Babilonia, en número igual o diferente a tres.

Las posibilidades que se han manejado para explicar el relato son variadas: la de un cometa, una supernova, un planeta, una conjunción de planetas, una lluvia de estrellas fugaces, una nova, etcétera. Varias de ellas se han desechado por razones diversas. Algunos astrónomos como los prestigiosos Mark Kidger, investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias, y el Dr. Humphreys de la Royal Astronomical Society, ofrecen una posibilidad más completa, que también se ajusta a la cronología comentada anteriormente. En el año 7 a. C. tuvo lugar una conjunción triple pla-

netaria (estudiada por Kepler) durante un espacio de 6 meses, a la que se refiere una reciente arcilla de la época encontrada en Babilonia. Ocurrió entre Júpiter y Saturno, en la constelación de Piscis, de gran importancia para los judíos. Este hecho alertaría a los astrólogos sobre un acontecimiento importante por ocurrir. Y en el año 6 a. C. Marte, Júpiter y Saturno se agruparon muy próximamente, en la constelación de Piscis. Era la nueva señal de alarma, que llegaría a su culminación cuando en la primavera del año 5 a. C. tuvo lugar un acontecimiento astronómico crucial recogido en las crónicas coreanas y chinas de la época, posiblemente originado por la observación de una nova, entre las constelaciones del Águila y Capricornio. Las nova son estrellas que producen un gran brillo como consecuencia de las reacciones nucleares explosivas que tienen lugar en sus capas externas. Según los relatos, conservados hasta hoy, permaneció visible durante 70 días, tiempo suficiente para que los Magos realizasen el desplazamiento desde Babilonia a Belén.

SIGNOS

¿Cuál es el origen de los signos que, hoy día, asociamos indisolublemente con la Navidad?. Los villancicos y belenes se remontan a la Edad Media. En cuanto al árbol de Navidad, su procedencia es germana, pero más moderna, del siglo XVIII. Aún más reciente (último tercio del s. XIX) es la costumbre de las felicitaciones navideñas con tarjetas. Pero, posiblemente, la práctica más antigua y generalizada sea la de la abundancia de comidas, bebidas o regalos. Por ello, más que en los signos externos, el sentido de la Navidad, tendríamos que encontrarlo como fruto de la reflexión interna.

CHINA

Los antiguos relatos astronómicos son muy precisos. Las crónicas de la época señalan concretamente que en los meses de marzo y abril del año 5 a. C apareció un «hui-hsing» visible más de 70 días. Aunque esta palabra corresponde a una

estrella con cola, un cometa, sin embargo, cuando en 1572 explotó la supernova que hoy conocemos como Tycho, las observaciones chinas también la citaron como un hui-hsing, lo que parece indicar que el nombre vale para cualquier estrella muy brillante, como puede ser una nova. Posiblemente, de acuerdo con el investigador Kukarkin, el fenómeno no se pudo divisar más de 70 días debido a las duras condiciones meteorológicas impuestas por el monzón chino.

COREA

Las referencias coreanas aparecen en la Historia de los Tres Reinos – La Crónica de Silla (Samguk Sagi), del siguiente modo textual: «Año 54 de Hyokkose wang, segundo mes, Chy-yu, un po-hsing apareció en Ho-Ku». En su momento, prestigiosos investigadores ingleses opinaron que Chi-yu era una interpretación de I-yu, lo que significaría la fecha de finales de marzo del año 4 a. C. Un po-hsing es una estrella brillante sin cola. La localización Ho-Ku es un asterismo de estrellas que ocupa una parte de la constelación Águila. La diferencia entre el año 4 a. C. coreano y el 5 a. C. chino puede deberse a un error, no infrecuente en esos relatos. Si fuesen objetos diferentes los chinos no hubieran dejado de anotar ese hecho espectacular.

LA GRAN SEQUÍA MAYA

Muchos expertos consideran que la civilización maya representó, en el Nuevo Mundo, algo análogo a lo que fue la griega en el nuestro. Lo cierto es que, a través de su misteriosa cultura, los mayas construyeron obras arquitectónicas de gran belleza y ciudades con un gran sentido práctico, siendo capaces de desarrollar un sistema de escritura jeroglífica muy desarrollado, unos métodos de cálculos matemáticos de gran precisión y unos conocimientos astronómicos de asombrosa exactitud.

Un reciente viaje nos ha permitido a mi esposa y a mí revivir experiencias anteriores mayas mexicanas, esta vez en Guatemala y Honduras, con la ayuda de un excelente guía, Luis González. Es bien sabido que los hallazgos arqueológicos fijan en unos 2.000 años antes de Cristo la fecha de la conocida como época premaya, que alcanzó brillantez con la fundación de varias ciudades de cierta importancia, hacia el año 50 a. C. La etapa principal, la época clásica, abarcó unos siete siglos, pero a partir del siglo X d. C. se produjo una acelerada decadencia, abandono y desaparición de las ciudades mayas que, simultáneamente a ser lugares de culto con templos contaban con pirámides, plataformas, campos de juego de pelota, altares y estelas. ¿Sucedió alguna catástrofe que pudiera explicar lo ocurrido?. Los científicos se están afanando en encontrar respuestas adecuadas y, algunas investigaciones, recientemente publicadas, pueden darnos la clave de lo que ocurrió.

MITOLOGÍAS. Los habitantes del imperio maya se extendieron por un territorio extenso (casi tan grande como España), en zonas situadas en los actuales países de México, Guatemala, Honduras, Belice y El Salvador. Desarrollaron un rico conjunto de creencias y fabulaciones míticas descritas, en buena parte, en el Popol Vuh (1550) o Libro del consejo, una especie de biblia de los maya-quichés; en los Libros de Chilam Balam (época de la conquista), escritos en la variante maya del Yucatán; o en la Relación de Cosas del Yucatán (1566), cuyo autor fue Diego de Landa.

Aunque, en cierto modo monoteístas, con Itzamná, un dios creador, señor del fuego y del corazón, los mayas convivían con otros múltiples dioses de naturaleza antropomorfa, fitomorfa, zoomorfa y astral. Por ejemplo, los trece cielos colocados en capas sobre la tierra eran regidos por otros tantos dioses llamados Oxlahuntiku. O la existencia de otras nueve capas de mundos subterráneos, gobernadas por sus respectivos dioses, los Bolontiku. Pero, entre otros muchos dioses más o menos importantes, un lugar especial lo ocupaba el dios Sol, Kinich Ahau.

El culto al Sol alcanzó un alto grado de desarrollo en la Mesoamérica precolombina. En México la mitología náhuatl designó a Teotihuacan como ciudad de los dioses tras la desaparición de los cuatro soles que habían alumbrado al mundo. Era el preludio de la gran Tenochtitlán, el Imperio del Sol, centro religioso, cultural y político de Mesoamérica. Y, el dios Sol, símbolo de la vida, poseía nombre propio, tanto en la cultura maya como en la náhuatl, la zapoteca, o la tarasca. Es decir, situaciones semejantes a las conocidas de los babilonios, los antiguos persas, el culto al dios Suryia en la India, al Ra egipcio, a la diosa Amaterasu japonesa, al Apolo griego o al Helio romanizado.

No es de extrañar, pues, que en los mayas una de sus clases sociales más elevada, la noble o de los sacerdotes, se dedicase con especial atención a las observaciones astronómicas, a las estrellas y los calendarios. Y es esclarecedor que en el Chilam Balam se describan las transiciones entre épocas de esplendor y de decadencia, de modo que para indicar el inicio de esta última se diga que hasta entonces estaba medido «el tiempo de la bondad del Sol, de la celosía que forman las estrellas, desde donde los dioses nos contemplan», pero llegaron los extranjeros «a castrar al Sol». y «enseñaron el temor, marchitaron las flores, chuparon hasta matar la flor de los otros porque viviese la suya».

SOL. ¿Realmente tuvo algo que ver el Sol con la decadencia de la civilización maya?. Todos los indicios apuntan a que, efectivamente, su papel fue de total protagonismo. Acaban de publicarse al respecto unas excelentes investigaciones, tanto en la revista Science (por el equipo del paleoclimatólogo americano David Hodell) como en la revista Nature (por el grupo del físico ambiental alemán Ulrich Neff), que vienen a completar y confirmar otras investigaciones anteriores del propio Hodell, que ya vieron la luz en 1995.

Se parte del análisis detallado de la actividad solar en los pasados siglos. Para ello se tienen en cuenta, entre otros factores, el número y extensión de las manchas solares, o la brillantez del Sol, medida por la mayor producción, provocada por los rayos cósmicos, de radisótopos de carbono-14, que quedan integrados en los anillos de los troncos de los árboles. El resultado obtenido de los datos fue que la actividad solar en la zona investigada mostraba un patrón de variación repetitivo temporal cada 207 años. Y ha sido una gran coincidencia que en el trabajo publicado en la revista Nature se haya alcanzado un resultado muy similar, usando un registro climático de los monzones del Océano Índico, a partir de los datos obtenidos en unas estalagmitas investigadas en una cueva de Oman. Como es lógico la actividad solar se suele traducir en forma de afectación climática, produciendo un periodo intenso de sequía. ¿Ocurrió así?.

SEQUÍAS. Para confirmarlo, se ha realizado un estudio en los sedimentos más profundos del lago Chichancanabab, en el centro de la zona maya del Yucatán. Las muestras obtenidas en las diversas cotas fueron analizadas y datadas con un potente espectrómetro de masas acelerador. También han sido muy significativos otros datos deducidos de la cuantificación de los depósitos de yeso (sulfato cálcico) sobre el fondo del lago, debidos a que, con sequía y menor lluvia, la evaporación del lago concentraba las sales del lago y favorecía la precipitación del yeso. Lo más interesante es que la asociación de las diversas técnicas utilizadas se ha traducido en la obtención de unos datos concretos para cada 6 ó 7 años, en un periodo total de 2.600 años analizados. Y los resultados señalan que, en la zona del lago, se sucedieron los periodos recurrentes de sequía, aproximadamente uno cada 208 años. Es decir, una cifra asombrosamente coincidente con la periodicidad de la variación de la actividad solar.

Más aún, la sequía más intensa de la región en 7.000 años fue la que acaeció en una época que se ha delimitado como situada entre los años 750 y 850 d. C., totalmente coincidente con los datos del declive maya, medido por el número de templos construidos, declive que corresponde al periodo entre los años 700 a 900 d. C. Es indudable que estos datos preliminares deben confirmarse con otras investigaciones pero, en principio, todo señala que fue la alta actividad solar del Sol, deificado y adorado por los mayas, la que produjo una sequía tan intensa que hizo quebrar y desaparecer la estructura económico-social de los mayas que ocupaba un territorio tan amplio como la superficie de un país europeo medio.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y su incorporación es imprescindible para el adecuado crecimiento de las plantas. Sin embargo, la alcalinidad (pH > 7) de los suelos impide su absorción por los vegetales, que se puede favorecer mediante la acción de sustancias quelatantes solubilizadoras. El problema afecta notablemente al arroz, que es la base diaria de alimentación de casi un 50% de la humanidad. Para mejorar su calidad, investigadores japoneses, mediante técnicas de ADN recombinante, han conseguido aumentar sensiblemente en plantas de arroz sus niveles del quelatante solubilizador ácido desoximugineico.

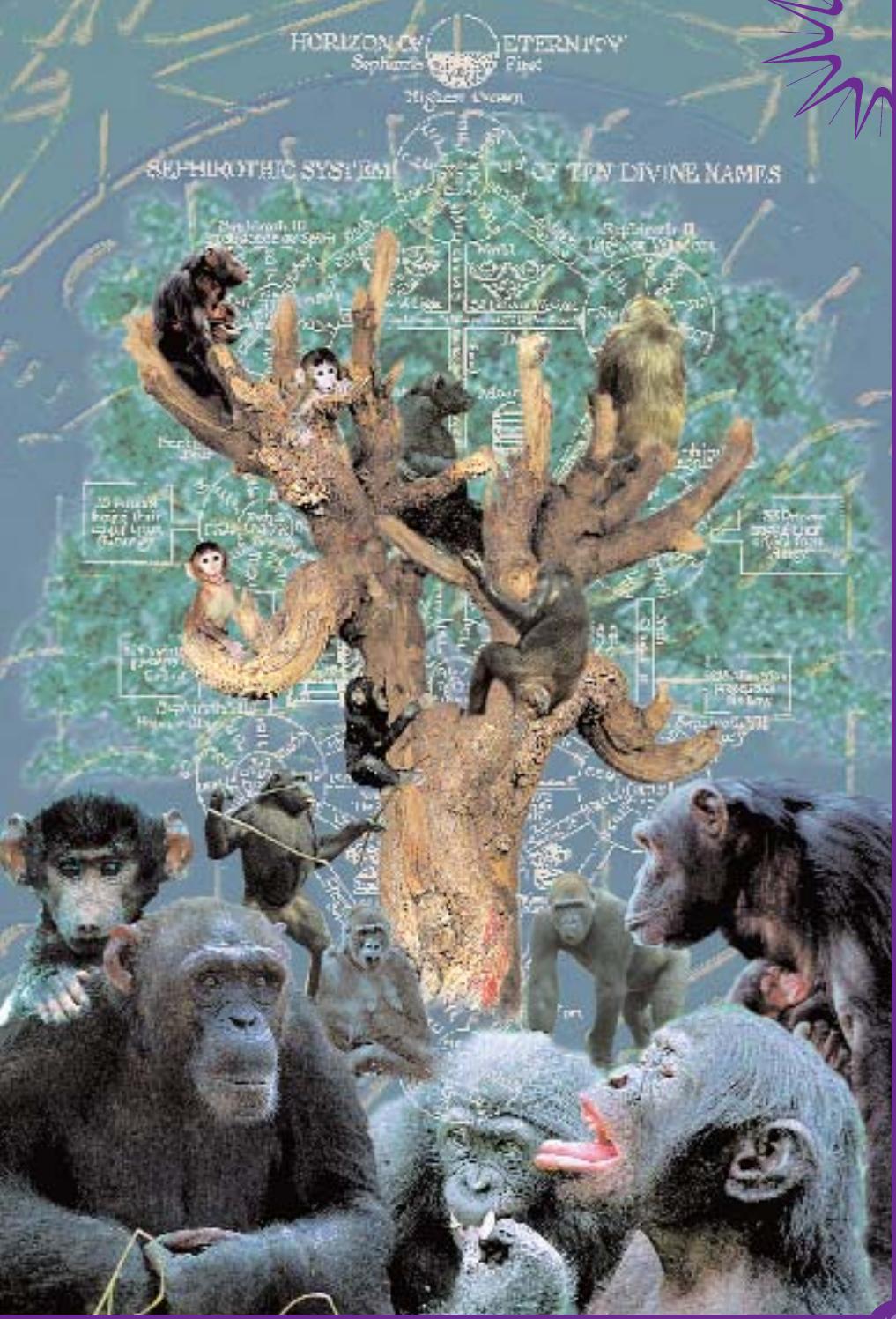
UN COMETA MUERE

El cometa C/1999S4 LINEAR fue avistado, por primera vez, el 27 de septiembre de 1999, siendo apreciable a simple vista, aunque con una luminosidad algo menor que el Hale-Bopp o el Hyakutake. Inesperadamente, entre el 21 y 22 de junio pasado, su núcleo central de hielo y polvo se desintegró en porciones que siguieron expandiéndose durante 2 semanas hasta que, a mediados de agosto, se le consideró oficialmente muerto. Las múltiples observaciones realizadas sobre

este inusual fenómeno de la muerte de un cometa se han plasmado en una serie de publicaciones en la revista Science que están permitiendo profundizar en el análisis de las condiciones del nacimiento del sistema solar

FRAUDES

Los avances científicos se pueden usar para luchar contra las prácticas alimentarias inadecuadas o ilegales. Así ha sucedido en Canadá, donde el Organismo responsable de los ríos y mares ha creado un banco de datos con 25.000 muestras de ADN de salmones, para que los investigadores estudien el curso de sus desoves. Pero los datos también han servido para comprobar que determinados restaurantes vendían pescado capturado en lugares prohibidos. Por ello, algunos como el italiano La Baia de Vancouver han sido sancionados con multas superiores a los 5.000 dólares.



© PACO HERNÁNDEZ

Una familia con líos

UNA FAMILIA CON LÍOS

En algunos ambientes científicos se habla de ella denominándola «la batalla de las colinas Tugen». El lugar está situado en Kenia, en la región de Baringo, al noroeste del monte Kenia. Allí, dos prestigiosos equipos científicos de antropólogos buscan denodadamente los orígenes más remotos del hombre.

Intentan poner orden en una familia con líos. Continuamente se suceden los hallazgos de homínidos más o menos antiguos, pero ¿cuál es el camino evolutivo real que se ha seguido hasta llegar al homo actual?. Los integrantes de la sopa de candidatos crecen continuamente, en cantidad y antigüedad. Entre otros, yendo hacia atrás, coetáneos entre sí muchos de ellos, podríamos contabilizar, en los últimos 3 millones de años, al Homo erectus, Paranthropus robustus, P. bisei, H. ergaster, Kenianthropus rudolfensis, Ardipithecus habilis, A. garhi, P. aethiopicus y al A. africanus. Y, entre los tres y seis millones de años, el A. afarensis, A. bahrelghazali, K. platyops, A. anamensis así como a los dos últimos sumados a la lista, el Ardipithecus ramidus y el Orrorin tugenensis.

LEAKEY. Para los antropólogos de todo el mundo el apellido Leakey es mítico. Louis Seymour Bazett Leakey (1903-1972), junto con su esposa Mary Douglas Leakey (1913-1996), con sus investigaciones realizadas en Olduvai, una garganta del río Tanganica, cambiaron las ideas existentes hasta entonces de que los seres humanos actuales descendían de una cadena evolutiva única que se desarrolló en

el este de África. Los Leakey descubrieron una serie de fósiles (Homo habilis; Australopithecus boisei, 1.750.000 años; Lucy, la primera homínida bípeda, 3.600.000 años; Proconsul africanus, 20.000.000 años), que indicaban la coexistencia de diferentes tipos de homínidos en esa región, lo que ponía en duda la teoría de la cadena evolutiva única.

Su hijo Richard Leakey (con su esposa Mary) ha continuado la saga familiar, con otros importantísimos hallazgos, aparte de ocupar también, durante décadas, importantes puestos científicos administrativos en Kenia. Algunos científicos reprochan que desde esos puestos han realizado un control demasiado estrecho de las investigaciones paleoantropológicas en Kenia, a través de interminables peticiones de permisos y necesidad de asociaciones con instituciones del país obligatorios para conseguir las correspondientes autorizaciones.

PICKFORD. Martin Pickford, un investigador keniano con formación británica, así lo cree. Director de un grupo investigador franco-keniano, llegó a ser detenido y encarcelado durante unos días por las autoridades de Kenia, bajo la acusación de obtener restos sin permiso oficial. El responsable de otro grupo científico, Andrew Hill, catedrático de Antropología de la Universidad americana de Connecticut, también acusó a Pickord de haber invadido su propio lugar de excavaciones en la zona de Baringo, en las colinas de Tugen. Pickford contraatacó, negando la acusación y afirmando que detrás de todo el asunto actuaba como instigador Richard Leakey, quien ya, en 1985, había expulsado a Pickford cuando investigaba en el Museo Nacional. Desde entonces, se están sucediendo todo tipo de peripecias, incluyendo entre ellas diversas acciones legales, libros de denuncia, etcétera. Pero en el terreno científico, a trancas y barrancas, Pickford y su grupo, publicaron hace algo más de un mes los resultados de sus importantísimos hallazgos de diversos fragmentos de 12 fósiles correspondientes a un género y especie de homínido hasta ahora desconocido, bautizado como «el hombre del Milenio» o «el antepasado del Milenio», aunque su nombre formal es el de Orrorin tugenensis, dada su localización en las colinas de Tugen.

Su antigüedad, 6 millones de años, le sitúa 1,5 millones anteriores que el

Ardipithecus ramidus, el candidato homínido más antiguo aceptado hasta ahora. Aunque parece que la datación de antigüedad del O. tugenensis es bastante exacta, sin embargo, es más discutible su situación y significado evolutivo. La posibilidad defendida por sus descubridores, basada en sus estudios y observaciones es la de que, a partir de un origen único común, hace más de siete millones de años, se originasen dos ramas evolutivas. La primera condujo a los monos africanos. La segunda, bifurcada, a su vez, con posterioridad, pudo dar lugar, por un lado a los australopitecos, finalizada en la extinción, y por otro a los homínidos, que desembocaron en el homo actual, partiendo del Orrorin tugenensis y pasando por otro nuevo género intermedio, el Praeanthropus. En todo caso, aparte del significado esencial del hallazgo comentado, hay que hacer notar que este modelo evolutivo no es ampliamente aceptado por la comunidad científica, en la que abundan otras interpretaciones más complejas.

MÁS LEAKEY. ...Y sigue la saga Leakey. En esta ocasión se ha anunciado hace unos pocos días otro importantísimo descubrimiento en el que han participado miembros de la familia Leakey, concretamente Meave Leakey y su hija Louise. Un grupo investigador encabezado por ellos y financiado por la Fundación de National Geographic ha publicado en la revista Nature su hallazgo en Kenia, en una región semidesértica cercana al lago Turkana, de los restos óseos de un homínido de hace 3,5 millones de años, el Kenyanthropus platyops, de características muy interesantes, ya que posee rasgos faciales planos y delicados, y dientes pequeños, muy parecidos a los de los humanos modernos. Sin embargo, su antigüedad es similar a la de Lucy (Australophitecus afarensis), de características mucho más alejadas a los humanos actuales, que se pensaba que era un homínido único precursor del homo.

La importancia del Kenyanthropus platyops es tal que los científicos han decidido asignarle un nuevo género, es decir, una categoría clasificatoria superior que la de especie. Mostrando una mezcla equilibrada de rasgos antiguos y modernos, se parece al «hombre 1470» otro fósil hallado hace unos años en esa región, pero con una datación mucho menor, de unos 1.8 millones de años. En todo caso, su

coexistencia temporal con los australopitecos hace que las ideas preexistentes se derrumben. En palabras de Meave Leakey: «El Kenyanthropus platyops demuestra claramente que, al menos, dos linajes diferentes existieron en un tiempo tan lejano como hace 3,5 millones de años. Las etapas iniciales de la evolución humana son mucho más complejas de lo que pensábamos previamente».

Así, pues, los líos evolutivos de la familia humana continúan sin desentrañar. Como otro de los científicos participantes, el Dr. Sopor, ha señalado: «Probablemente lo que ocurre es que todavía no hemos encontrado al antepasado real del género Homo».

MEZCLA

El cerebro del Kenyanthropus platyops es casi de doble tamaño que el del «hombre 1470» y su observación detallada indica la mezcla compensada de rasgos avanzados y primitivos. Por ejemplo, su pequeño canal auditivo es semejante al del chimpancé y al de los homínidos de hace unos 4 millones de años, que vivían en el este africano: Australophitecus anamensis y Ardipithecus ramidus. En algunos aspectos el Kenyanthropus es más primitivo que Lucy. Sin embargo, el rostro aplanado y otros rasgos faciales debieron aparecer pronto evolutivamente y son muy parecidos a los actuales.

ACTIVIDADES

¿Qué actividades realizaban los homínidos y cómo se organizaban?. Bastantes investigadores de las actividades de los homínidos, las clasifican en tres categorías: a) sitios de tallas y fabricación de herramientas; b) sitios para la caza y explotación de la carroña, pues los primeros homínidos competirían con los animales carroñeros, como las hienas; y c) sitios de reparto de la comida, donde los machos aportaban la carne y las hembras los productos vegetales recolectados. Ello significaría la existencia de una estructura social de división del trabajo.

ACUMULACIONES

Es frecuente encontrar acumulaciones de osamentas y piedras en los yacimientos relacionados con los homínidos. Existen varias interpretaciones para explicarlo. Para algunos científicos la razón es que los homínidos despiezaban las piezas en el mismo lugar donde las obtenían y trasladaban los trozos a lugares establecidos, protegidos bajo la sombra de los árboles. Sin embargo, otros aducen que los restos hallados indican que las piezas de los animales muertos o matados por los grandes carnívoros se despiezaban y consumían in situ. Una tercera hipótesis defiende que las piezas enteras se trasladaban a lugares con piedras para facilitar su despiece y consumo.

LA CATÁSTROFE IRLANDESA

Los desacuerdos entre ingleses e irlandeses son una constante histórica. Cuando, en Gran Bretaña, tras el aplastante éxito electoral de Blair, se pretende virar hacia una postura más europeísta, simultáneamente, en Irlanda, se produce el rechazo popular a los acuerdos de Niza. Posiblemente ello no conducirá a ninguna catástrofe futura, pero lo que comentaremos en este artículo sí es una catástrofe histórica pasada, conocida como «la hambruna irlandesa», cuyas causas precisas acaban de ser dilucidadas científicamente.

La población actual de Irlanda se acerca a los 4 millones de habitantes, pero en 1845 alcanzaba los 8 millones y medio, y el principal constituyente de su alimentación era la patata. Entre 1845 y 1848 una devastadora plaga asoló en varias ocasiones los cultivos. Las consecuencias en muertes, hambre, enfermedades, emigración e inestabilidad política y social fueron de una magnitud catastrófica: el censo de 1851 registraba una disminución de población de más de 2 millones y medio de personas. Y la conflictividad social, sin duda, favoreció la aceleración del proceso de finalización de los 400 años de gobierno inglés.

HISTORIA. Se piensa que fueron los legendarios milesios, procedentes de España, quienes dominaron a las primitivas tribus que habitaban en Irlanda. Irlanda no perteneció al Imperio Romano y en el siglo IV d. C. sus pobladores de entonces, los escotos, invadieron Gran Bretaña, una provincia romana. Así dio comienzo el perti-

naz enfrentamiento entre ambos pueblos. Una bula del Papa Adrián IV, en 1155, permitió al rey Enrique II de Inglaterra intentar conquistar Irlanda. Los conflictos se sucedieron a lo largo de los siglos y se alternaron las cuotas de poder y autoridad en ambos bandos hasta que, bajo el reinado de Isabel I, el poder de la Iglesia anglicana se extendió hasta Irlanda, utilizando el anglicanismo como instrumento de control político en la isla. La conflictividad continuó, con masivas confiscaciones de tierras, aunque el Tratado de Limerick (1691), estableció una cierta libertad religiosa para los católicos y la devolución de algunas tierras, pero los ingleses continuaron destruyendo deliberadamente el comercio y las industrias irlandesas.

En 1801 el primer ministro británico William Pitt, el Joven, consiguió que su proyecto de unión legislativa de Gran Bretaña e Irlanda fuese aprobado por el Parlamento irlandés, pero a pesar de ello continuó la lucha por lograr la libertad cívica y religiosa y la separación de Gran Bretaña. En este contexto el episodio de la hambruna fue decisivo. Su causa real fue la destrucción de las cosechas de patata por la enfermedad conocida como roya. En otoño de 1845 ya era previsible el desastre, pero el Gobierno británico no supo hallar soluciones eficaces. Peor aún, en junio de 1847 un nuevo gabinete inglés whig decidió aplicar una política económica no intervencionista, que en 1847 hubo de rectificar, ya tarde, al estallar epidemias de fiebres tifoideas, cólera y disentería, que se cobraron más vidas que la propia hambruna. El primer ministro instauró la tasa de la Poor Law (Ley de los pobres), un impuesto sobre la propiedad destinado a costear el envío de ayuda a Irlanda, pero su recaudación fue acompañada por una oleada de desórdenes y violencia. Murieron más de un millón de personas y hubieron de emigrar muchas más. Tras la hambruna un movimiento revolucionario, el fenianismo, sirvió de preámbulo para la Guerra Civil que desembocó, en 1921, en la creación del Estado libre de Irlanda en el sur de la isla.

PHYTOPHTHORA. Con el nombre común de roya se designa a una enfermedad fúngica. Los hongos antiguamente se clasificaban como una división del reino de las plantas. Actualmente se consideran como un grupo completamente separado, que evolucionó a partir de flagelados sin pigmentos. Existen unas cien mil especies conocidas de hongos, unicelulares o pluricelulares, siendo causantes,

junto con las bacterias, de la putrefacción y descomposición de toda la materia orgánica. En cualquier parte en que existan otras formas de vida también hay hongos, muchos de ellos parásitos y, algunos, productores de enfermedades en plantas y animales. La mayor parte de los hongos se reproducen por esporas, diminutas partículas del protoplasma rodeado de pared celular. Por ejemplo, el champiñón silvestre puede formar doce mil millones de esporas en su cuerpo fructífero.

Las esporas se originan de dos modos diferentes. En el primero, las esporas se producen después de la unión de dos o más núcleos, combinando los genes progenitores, en una o varias células especializadas. Los cuatro grupos principales de hongos vienen definidos por los cuatro tipos de esporas posibles: oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas. Las oosporas se originan por la unión de una célula macho y otra hembra; las zigosporas por dos células sexuales similares entre sí. Las ascosporas suelen disponerse en agrupaciones de ocho unidades contenidas en unas bolsas llamadas ascas. Las basidiosporas se agrupan en conjuntos de cuatro unidades, en unas estructuras con forma de maza llamadas basidios.

El segundo proceso más común de producción de esporas sucede sin la unión previa de dos núcleos. Los principales tipos de esporas reproductivas formadas así son: oídios, conidios y esporangiosporas.

De acuerdo con lo expuesto, aunque con muchas peculiaridades, los hongos se clasifican en cuatro filos principales: oomicetes, zigomicetes, ascomicetes y basidiomicetes según formen oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas. En concreto, los oomicetes son hongos que se parecen a las algas y comprenden desde organismos unicelulares hasta complejas masas de hifas. Entre ellos se incluyen los mohos acuáticos, las royas blancas y los mildius vellosos. En el género Phytophthora los receptáculos que contienen las zoosporas pueden estar modificados. El término phytophthora procede de dos palabras griegas significando destructor de plantas y es precisamente el hongo Phytophthora infestants el causante de la roya de la patata.

CULPABLE. Cuando hace varias décadas se identificó a este hongo como el responsable de la enfermedad pudo combatirse eficazmente con diversos funguicidas. Como respuesta a estos tratamientos, desde finales de los 80 han venido

apareciendo algunas cepas del hongo resistente a los funguicidas, por lo que la amenaza de la roya vuelve a tener actualidad. La mayor parte de la diversidad genética entre todas sus especies se ha localizado en el valle de Toluca, en México. Y, hasta ahora, se creía que una de estas especies, la US-1, que se reproduce asexualmente, había dado lugar a un linaje clonal, que era el descendiente directo del hongo que produjo la hambruna irlandesa.

En un verdadero trabajo detectivesco molecular, el grupo del Dr. Ristaino, de la Universidad de Carolina del Norte, ha investigado en 28 herbarios de Inglaterra e Irlanda las muestras de hojas infectadas de patata que allí existían, recogidas entre 1845 y 1847, procedentes de la epidemia irlandesa. Como marcadores moleculares identificadores han usado mutaciones en el ADN mitocondrial. Sus resultados los acaba de publicar la revista Nature. En ellos, el estudio de las secuencias de ADN ha demostrado, sin género de dudas que, en contra de lo que se suponía, la cepa US-1 no era la culpable. Por el contrario, el verdadero culpable, el hongo de la roya productor de la hambruna irlandesa no procedía de México, sino de otras zonas de Suramérica, cuya localización concreta se hará mediante posteriores investigaciones.

Esta aplicación de lo que se podría denominar arqueología molecular es un claro ejemplo de la variedad de las aplicaciones de la Biología y Genética moleculares en el campo de las investigaciones de acontecimientos históricos.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Se acaba de publicar una investigación realizada sobre 5.398 jóvenes de ambos sexos de edades comprendidas entre los 6 y los 16 años, relacionando su ingesta de hierro con su rendimiento intelectual sometiéndolos a unos exámenes estandarizados de matemáticas. Los resultados muestran que no sólo la deficiencia en hierro afecta a las hembras adolescentes (por las pérdidas en menstruación, anemias, etc., con un 8,7% de disminución en los rendimientos de los exámenes), lo cual sería lógico, sino que también resultaron perturbados, en menor grado, los varones.

NEUROLOGÍA

Al dar comienzo en Londres el Congreso Mundial de Neurología, una gran reunión que solamente se celebra cada cuatro años, el presidente de la Federación Mundial de Neurología ha señalado que actualmente cuenta con más de 22.000 miembros pertenecientes a 86 países y que a lo largo del Congreso se van a presentar los más recientes avances en un campo científico tan apasionante y en expansión que permitirán conocer las novedades que van desde la neurología de la emoción o la genética de los dolores de cabeza a los logros de los trasplantes cerebrales de células precursoras (madres).

INTERNET

¿Llegará un momento en el que cada vehículo, electrodoméstico o instrumento existente esté conectado y controlado a través de Internet, contando con su propia dirección partícular (IP)?. El protocolo existente hasta ahora, el IPv4 se basa en cuatro niveles de direcciones equivalentes a la cuarta potencia de 256. A pesar de su capacidad, sus posibilidades cuantitativas ya se están agotando a escala mundial. En una reciente reunión especializada celebrada en Tokio se ha anunciado la operatividad de un nuevo protocolo, el IPv6, mucho más potente que el existente. Ya existen proyectos basados en el mismo que podrían permitir, por ejemplo, que un vehículo pudiese mantener la misma dirección de Internet, mientras se desplaza de una red a otra.

¿QUIÉN FUE EL ASESINO?

Grandes, exóticos y vistosos mamíferos así como tremendas aves no voladoras deambulaban por las superficies terrestres. Entre los grandes mamíferos, muy abundantes, destacaban los mastodontes, los perezosos y los tigres diente de sable. En el Norte de América existían llamas, camellos, tapires, caballos y yaks, así como gigantescos antílopes y lanudos bisontes y mamut. Y en otros lugares del mundo la situación era similar. En Australia habitaban unos terribles canguros de más de 300 kilos de peso dotados de grandes zarpas y los Genyornix, enormes pájaros no voladores de más de 100 kilos.

Los mastodontes podrían ser un buen ejemplo representativo de esos grupos de animales, por otra parte tan distintos entre sí. Estaban distribuidos por los bosques del planeta por lo que sus restos, frecuentemente bien conservados, se han encontrado en todo el mundo. De pelo lanoso, con tamaño y aspecto situados entre los actuales elefantes y los extintos mamut, su dentadura era diferente, con colmillos superiores largos y curvados y con crestas transversales sobre los dientes molares. En cuanto al tigre con dientes de sable, un sanguinario carnívoro, no era realmente un tigre sino un félido, cuyos rasgos más llamativos eran, por un lado, el estar dotado con unos enormes caninos superiores con forma de sable, que se prolongaban casi 20 cm por debajo de su mandíbula inferior, además de que caminaba apoyando la planta de los pies, como lo hacen los osos.

PLEISTOCENO. Todos ellos existieron hasta el final del Pleistoceno y, entonces, sorpresivamente, en un periodo relativamente corto de tiempo, desde hace unos 50.000 años hasta hace unos 11.000 años, misteriosamente desaparecieron. Lo mismo sucedió con los gliptodóntidos, un grupo de mamíferos parecidos a los armadillos, que contaban con una armadura corporal protectora, formada por placas óseas fusionadas y cuyo caparazón medía más de 1,5 metros. Sus falsos dientes, parecidos a ganchos, carecían de esmalte.

En total, el número de víctimas fue colosal, desvaneciéndose 28 géneros y 55 especies. ¿Quién o qué los hizo desaparecer?. Situémonos en el tiempo. El Pleistoceno es una parte del periodo Cuaternario, iniciado al final del periodo Terciario, hace 1,64 millones de años. Concretamente el Pleistoceno se refiere al primer y más largo periodo del Cuaternario, extendiéndose hasta hace unos 10.000 años. Durante el Pleistoceno tardío los sistemas montañosos alcanzaron su altura y configuración aproximada por acción de la erosión y, en cuanto al clima, se caracterizó por la extensión de los glaciares sobre más de una cuarta parte de la superficie terrestre del planeta. Por otra parte, hay que recordar que, a veces, se le llama al Pleistoceno la Era del Hombre porque se cree que los primeros seres humanos evolucionaron profundamente durante el mismo.

En uno de los últimos números de la revista Science se publican los resultados de varias investigaciones relacionadas con las causas del fenómeno. Dos de ellas culpabilizan al hombre, pero otros investigadores piensan en las variaciones climáticas como el origen del proceso devastador. El dilema continuará hasta que sea posible disponer de datos más completos aunque, sea cual sea la causa, lo que se hace evidente con este fenómeno es la constatación de la fragilidad de cualquier ecosistema ante una actuación externa.

HUMANOS. El grupo dirigido por el Dr. John Alroy, un biólogo de la evolución, ha desarrollado un detallado modelo informático de la ecología de América del Norte durante el Pleistoceno. Allí, los humanos pudieron llegar hace unos 14.000 años. El modelo es capaz de simular la dinámica poblacional de los humanos y de 41 grandes herbívoros, así como las acciones de los cazadores virtuales humanos en un territorio virgen, con variables como velocidad de desplazamientos, eficacia en la caza

y competencia por el alimento entre las especies de presa. El resultado obtenido, fijando el comienzo del estudio en hace unos 14.000 años, ha sido de que se ajusten como se ajusten las variables, la consecuencia final es coincidente con lo conocido por los registros existentes, es decir, que hace unos 11.000 años más de las dos terceras partes de los mamíferos habrían perecido, como consecuencia de la actividad de la caza. La devastación ecológica ocurriría aun en el caso de la simulación con los cazadores menos activos, siendo más sensibles a la desaparición los grandes animales de lenta velocidad de crecimiento y largo periodo de gestación.

En Australia otra investigación diferente la ha realizado el equipo del Dr. Richard Roberts, de la Universidad de Melbourne, y del Dr. Flannery, un gran experto en mamíferos del Museo de Adelaida. Para ello han estudiado las rocas y sedimentos dejados por la megafauna en 28 lugares diferentes de Australia, usando sistemas de datación de torio-uranio que son más precisos que los del carbono-14, cuando superan los 40.000 años de antigüedad. Los resultados finales combinados han demostrado que los grandes animales quedaron depositados en los lugares en los que se han encontrado sus restos en un periodo corto de tiempo que va desde hace 51.200 hasta hace 39.800 años, es decir, que la extinción masiva coincide exactamente con la época inmediatamente posterior a la extensión del hombre por la zona. Los investigadores creen que aquellos primitivos aborígenes alteraron la vegetación con sus incendios, provocados para que la caza y los desplazamientos fuesen más fáciles. Ello condujo, sucesivamente a los desastrosos resultados finales.

ALTERNATIVAS. Sin embargo, no existe unanimidad científica respecto al problema. Los biólogos del Museo de Historia Natural de la ciudad de Nueva York atacan el modelo informático de Alroy señalando que carece de una explicación de por qué las extinciones se detuvieron hace 10.000 años, cuando el Pleistoceno dio inicio a la moderna Era del Holoceno. Entre las alternativas que proponen señalan la posibilidad de que los grandes animales sucumbiesen ante una «hiperenfermedad», por ejemplo, ante alguna forma de virus contagioso y letal que acompañase a los humanos recién llegados.

Otros científicos piensan en la responsabilidad de los cambios climáticos.

Durante el Pleistoceno el clima mundial experimentó unos 20 ciclos en los que se alternaban periodos fríos o glaciales (caracterizados por la expansión de los mantos de hielo) con otros más cálidos o interglaciares (que provocaban su retroceso). El último periodo glacial comenzó hace unos 120.000 años y terminó precisamente hace unos 10.000, cuando se inició el holoceno. El Pleistoceno se caracterizó por la extensión de los glaciares sobre una buena parte del planeta. En Norteamérica, por ejemplo, un sistema glacial cubrió Canadá y se extendió hasta Estados Unidos. Por tanto sería esa glaciación la responsable del exterminio.

La Ciencia abarca problemas actuales, futuros y pasados. A veces, como en el caso comentado, aún no puede ofrecer resultados definitivos, sino nuevas y sugerentes posibilidades que, sin duda, posteriormente podrán ser confirmadas o modificadas con el resultado de nuevas investigaciones.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Recientemente se han publicado los resultados de investigaciones realizadas por científicos de la Universidad de California que muestran que el consumo de soja y tomates reduce el riesgo de contraer cáncer de próstata. Aunque la investigación se ha hecho sobre ratones se cree que los resultados son extrapolables a los humanos. Los asiáticos, grandes consumidores de soja, sufren menos ese tipo de cáncer que los occidentales. La sustancia protectora de la soja es la genisteína, una isoflavona, que es un fitoestrógeno con efectos similares a las hormonas estrogénicas naturales. La sustancia protectora en los tomates es el licopeno, un antioxidante eficaz contra los radicales libres.

AGUACATES

Otra investigación realizada en el Centro para la Nutrición Humana de California ha analizado diversas frutas californianas concluyendo con la consideración de las extraordinarias cualidades de los aguacates. Estos frutos, por 100 gramos, pre-

sentaron un contenido de la vitamina E, antioxidante, de 4,31 unidades, por 1,67 del kiwi; 1,33 en las nectarinas; y 1,04 en las uvas y melocotones. En cuanto a otro antioxidante, el glutatión, la situación fue similar: aguacate (27,7 mg), limón (8,7), pomelo (7,9), nectarina (7,4) y melocotón (7,4). Algo análogo sucedió con otros componentes beneficiosos para la salud como lanosterol, carotenos y beta-sitosterol.

AVIÓN SOLAR

Los científicos de la NASA tienen previsto la inmediata prueba y lanzamiento del avión experimental Helios, no tripulado propulsado por energía solar. El prototipo ha tenido un costo de 15 millones de dólares, la envergadura de sus paneles solares supera las dimensiones de un Boeing 747, pero sólo alcanzará la velocidad de una bicicleta. Sin embargo, se considera el primer paso para el futuro desarrollo de aviones solares capaces de remontarse por encima de los 30.000 metros, con misiones de reconocimiento sobre la superficie terrestre o en otros planetas como Marte.

MOZART: CUARTETO DE CUERDAS, CON AUTOPSIA

La Dra. Faith Fitzgerald es una afamada internista, a la vez que vicedecana y profesora de Medicina de la Universidad de California en Davis. En el anfiteatro Davidge de la Universidad de Maryland, abarrotado de espectadores médicos, va a realizar un postmortem poco usual. Es la invitada especial en la 6ª Conferencia Anual de Patología Clínica Histórica. La autopsia no se hará sobre ningún cadáver real. Y, a su finalización, un cuarteto de cuerda interpretará un programa musical de piezas de Mozart.

Efectivamente, así ocurrió recientemente y se trataba de analizar, científicamente, las controvertidas causas de la muerte de Johannes Chrysostomus Wolfgangus Theophilus Mozart, cuyo nacimiento tuvo lugar en la tarde del domingo 27 de enero de 1756. A los tres años era capaz de distinguir las sucesiones armónicas del clavicordio y de tocar al piano, de oído, muchas melodías. Su grandiosa carrera de compositor ya había comenzado a los cinco años, con un concierto de piano, difícil de interpretar incluso por pianistas profesionales. En el momento de su temprana muerte, el 5 de diciembre de 1791, a los 35 años, había escrito 626 composiciones, incluyendo 23 óperas, 20 misas, 49 sinfonías, 66 arias, 27 conciertos para piano, y un largo etcétera.

Cuando un hombre ha tenido una vida excepcional se tiende a imaginar que su muerte no puede ser común, más aún cuando está envuelta de enigmas, como es el caso de Mozart. No es extraño que ello despierte el interés médico por conocer las verdaderas causas de su muerte.

MUERTE. En los últimos años de la vida de Mozart su penuria económica era tan grande que tuvo que pedir frecuentes préstamos a amigos y benefactores. Por ello, su funeral fue el más barato posible siendo enterrado en la fosa común del cementerio. En esa época los cuerpos se enterraban, junto con otros, en dos capas, que se cubrían con cal. Posteriormente las tumbas se reabrían y se añadían nuevas capas de cadáveres, sin que se realizase ninguna anotación sobre los allí enterrados. De ahí la imposibilidad de encontrar y estudiar sus restos.

Existen descripciones escritas sobre los males y síntomas que le afectaron en la última etapa de su vida, cuya interpretación ha dado lugar, hasta ahora, a la elaboración de unas 150 hipótesis diferentes respecto a las causas de su muerte. Su último episodio de enfermedad comenzó el 20 de noviembre de 1791, con fiebre alta, dolor de cabeza, sarpullidos cutáneos, dolor e inflamación en brazos y piernas, irritándole fuertemente el canto de su canario preferido. La semana siguiente sufre de vómitos y diarreas e hinchamiento corporal, necesitando ayuda para sentarse en la cama. Y el proceso sigue deteriorándose, permaneciendo consciente hasta la noche del 4 de diciembre, cuando comenzaron sus delirios y entró en la situación de coma que desemboca en su muerte, que sus médicos atribuyeron a una «severa fiebre miliar», un concepto vago e impreciso.

Una de las hipótesis más difundidas y populares fue la de su envenenamiento, debido a la envidia, achacando la autoría al compositor Antonio Salieri. Constanza, la viuda de Mozart, llegó a tener sospechas al respecto. Y, cuando Salieri, en 1823, desarrolló una demencia senil, llegó a autoinculparse del envenenamiento de Mozart. Sin embargo, con los datos disponibles, no existe una base científica que avale esa posibilidad, mientras que del resto de más de un centenar de causas manejadas, las más adecuadas parecen ser la defendida por la Dra. Fitzgerald y, la más reciente, elaborada por el Dr. Jan Hirschmann, recién publicada en la prestigiosa revista médica Archives of Internal Medicine.

FIEBRE REUMÁTICA. Este fue el diagnóstico alcanzado por la Dra. Fitzgerald ante los 300 profesionales participantes en la conferencia anual a la que nos referíamos con anterioridad. Los síntomas podrían apuntar, en principio a

tres direcciones: enfermedad hepática, enfermedad renal y fallo congestivo cardíaco. La enfermedad hepática la descartó al no existir signos de ictericia. Tampoco existen sospechas sobre disfunciones renales en el compositor y las enfermedades renales avanzadas suelen ocasionar delirios en etapas más previas de la enfermedad. El fallo cardíaco debido a la fiebre reumática sería el candidato ideal.

Un estetoscopio lo podría haber confirmado, pero su invención tuvo lugar transcurridos más de 25 años de la muerte de Mozart. También hubiera sido acertado si un médico hubiese aplicado su oído al pecho del paciente para analizar sus latidos cardíacos. Pero es comprensible que ello no ocurriera con un paciente febril, vomitando, lleno de sarpullidos.

La fiebre reumática es una enfermedad inflamatoria que afecta a articulaciones y al corazón y tiene lugar por una fuerte reacción del sistema inmune ante las bacterias estreptocócicas infectantes. En la época de la muerte de Mozart se ha señalado que una epidemia, posiblemente de fiebre reumática, castigó fuertemente Viena. Y las investigaciones de la Dra. Fitzgerald le revelaron que Mozart había sufrido, al menos, dos episodios de fiebre reumática en su infancia y que la descripción de sus padecimientos crónicos indicaba infecciones de garganta y tonsilitis frecuentes, indicadoras de que tenía una infección estreptocócica recurrente que le ocasionaba una predisposición a los fallos cardíacos. El hinchamiento corporal del compositor se causaría por una carditis o inflamación cardiaca. Incluso la petición de que sacasen de la habitación a su canario cantor se interpreta fácilmente por el hecho de que la irritabilidad es uno de los síntomas clásicos de la fiebre reumática.

TRIQUINOSIS. «¿Qué huelo?... ¡Chuletas de cerdo!. ¡Qué gusto!. Como a tu salud». En esta frase, escrita por Wolfgang Amadeus Mozart a su esposa, 44 días antes de su muerte, han encontrado otros investigadores médicos la pista para diagnosticar, correctamente, la probable causa de su temprano fallecimiento. La triquinosis suele ser ocasionada por carne de cerdo infectada por triquina y no suficientemente cocinada. Su periodo de incubación es de hasta 50 días y podría explicar todos los síntomas de Mozart, es decir, fiebre, sarpullidos, dolor en los

miembros e inflamación. Así lo opina el Dr. Jan Hirschmann, especialista en enfermedades infecciosas del Centro Médico de Veteranos de Seattle, USA. Además, las complicaciones de la triquinosis suelen incluir neumonías y problemas cardíacos, lo que han sido la base de otras teorías alternativas. El Dr. Hirschmann también cree que era precisamente la triquinosis la enfermedad epidémica no especificada que afectaba a la ciudad de Viena por esos tiempos. Su trabajo de investigación sobre literatura médica, documentos históricos y biografías de Mozart se acaba de publicar en un artículo de 8 páginas en la revista médica Archives of Internal Medicine.

Cabe recordar que la triquinosis no fue caracterizada hasta el año 1800, cuando se produjeron varios brotes mortales de la enfermedad en Europa, lo que llevó a desarrollar medicamentos eficaces contra el parásito causante de la enfermedad.

En cualquier caso, lo que nunca dispondrán los actuales o futuros investigadores será de ningún resto biológico procedente del cadáver de Mozart. Por ello, de acuerdo con lo escrito al respecto por la Dra. Fitzgerald, «quien únicamente conozca con certeza de lo que murió Mozart puede que sea el coro celestial que estaba a la espera de recibir a alguien con suficiente mérito para ser merecedor de compartir su gloria».

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Son públicos los efectos preventivos saludables de los tomates contra diversos cánceres como el de próstata o en ciertas enfermedades cardiovasculares pero, ¿perduran tales efectos en el transcurso de su procesamiento?. En el último número de la revista Journal of Medicinal Food se publica una investigación del equipo de nutrólogos dirigidos por el Dr. Rao, que demuestra que los niveles de licopeno, la principal sustancia saludable, no sólo se mantienen sino que a veces se incrementan cuando los tomates son procesados en forma de salsa, salsas o ketchup. Ello se debe a que tales procesamientos ayudan a la extracción del licopeno de las paredes celulares de las células del tomate, haciendo que se incremente su biodisponibilidad.

DIAGNÓSTICO: ALZHEIMER

Cada vez parece estar más cerca la disponibilidad de un buen método diagnóstico temprano de la enfermedad de Alzheimer. Lo último han sido dos novedades al respecto. En primer lugar, el anuncio conjunto de las compañías americanas Nycomed Amersham Imaging y Neurochem Inc para usar el radiofármaco exametazima Tc-99m como marcador de análisis de imagen cerebral (un escáner) que permita la detección de las placas amiloideas de la enfermedad de Alzheimer. En segundo lugar, con el mismo propósito, otro acuerdo, esta vez entre la compañía BioErgonomics y el Centro Médico universitario Loma Linda para usar la proteína IRP-2 (proteína-2 reguladora del hierro) como marcadora de la enfermedad, usando sangre periférica para identificar las mutaciones genéticas presentes en los enfermos de Alzheimer.

VIVIR MÁS

¿Qué es más importante para vivir más años, perder peso o estar en mejor forma física?. En la reciente Reunión, celebrada en Londres, de la Asociación para el Estudio de la Obesidad, se han dado a conocer los resultados de las investigaciones realizadas por el Instituto Cooper de Dallas, durante 10 años, sobre 25.000 hombres y 8.000 mujeres de mediana edad. En resumen, las personas obesas, pero en buena forma física, mostraron un 50% de disminución del riesgo de mortalidad comparadas con las delgadas que no lo estaban. Como indicador de la forma física se midió el tiempo de práctica en una cinta de andar antes de llegar a la situación de fatiga. Como consejo práctico, la buena forma física se puede conseguir con media hora diaria de caminar a un ritmo moderado.

Medio ambiente y vida saludable

© PACO HERNÁNDEZ

Se nos mueren los corales

SE NOS MUEREN LOS CORALES

Los arrecifes de coral se conocen como «las selvas húmedas del mar», pues su papel ecológico es importantísimo, semejante al que, en tierra firme, juegan las selvas húmedas, como las amazónicas. Por ello, es esencial recoger el grito de alarma surgido con motivo de la celebración del último 9º Simposio Internacional de Arrecifes de Coral, en Bali, con la asistencia de más de 1.500 científicos de 52 países.

Los datos son elocuentes. En los últimos años han desaparecido más del 26% de todos los arrecifes de coral. En zonas muy afectadas, como las Islas Maldivas, una cadena de casi 2.000 pequeñas islas coralinas agrupadas en racimos de atolones, en el Océano Índico, o como las Islas Seychelles, en los pasados dos años han muerto más del 90% de los arrecifes de coral. Las poblaciones de coral de 93 países se han degradado gravemente y si continúa la situación actual, en pocos años se habrán destruido el 70% de todos los arrecifes de coral. La interdependencia ecológica que relaciona todos los lugares y seres vivos de nuestro planeta hace que este problema nos afecte intensamente a todos.

ECOLOGÍA. Los ecosistemas de arrecifes de coral están compuestos por una compleja variedad de especies que interaccionan entre sí y con el medio ambiente. El sol es la fuente primaria de energía para el ecosistema. Por medio de la fotosíntesis, el fitoplancton, las algas y otras plantas usan la energía luminosa para sintetizar nutrientes que constituyen el aporte energético y material para otro gran

número de especies (que algunos expertos calculan en cifras cercanas a las 950.000) participantes en el ecosistema: esponjas, anémonas tenticuladas, invertebrados microscópicos briozoos, gusanos de muy variadas clases, estrellas, erizos de mar, diversos mariscos y crustáceos, pulpos, multitud de peces, etc.

Globalmente, los arrecifes de coral representan un 0,1% de toda la superficie terrestre y albergan más del 25% de toda la vida marina. De ahí que constituyan una fuente de riqueza sin igual. Buena parte de los recursos pesqueros mundiales dependen de su buena salud. Se estima que los arrecifes de coral posibilitan medios de vida a unos 500 millones de personas en el mundo, calculándose que los arrecifes de coral suponen unos ingresos anuales, derivados de la pesca y el turismo, de unos 500 mil millones de euros.

Caracterizados por un modo de vida simbiótico muy complejo y versátil los corales constructores de los arrecifes de coral viven en una interfaz entre tierra, atmósfera y océano, en aguas pobres nutritivamente y se desarrollan óptimamente a temperaturas situadas entre 21 ºC y 29,5 ºC, creciendo hacia arriba a una velocidad de entre 1 y 100 cm al año. Un arrecife de coral posee aspecto y consistencia rocosa, con material de exoesqueletos calcáreos procedentes de animales de coral, algas calcáreas rojas y moluscos. Sobre los sedimentos de los esqueletos muertos de generaciones anteriores van creciendo las nuevas capas a una velocidad entre 1 y 100 cm al año. Por ello, algunos arrecifes actuales comenzaron a formarse hace millones de años. La capa externa del arrecife está constituida por pólipos vivos de coral. En el interior de los animales de coral viven ciertas algas unicelulares redondas. Por debajo de los pólipos vivos están los esqueletos calcáreos cubiertos de algas filamentosas y calcáreas. Desde el punto de vista de captación de energía solar, que luego es transmitida en forma de nutrientes a los otros pobladores de los arrecifes coralinos, destacan las algas unicelulares redondas zooxanthellas y las algas verdes filamentosas.

DESTRUCCIÓN. Hasta el año 1992, cuando se celebró en UAM el 7.º Simposio Mundial sobre Arrecifes de Coral, se creía que las actividades humanas eran las únicas responsables de la alta degradación observada. Citaremos algunas: 1. La contaminación de los océanos con vertidos de petróleos, pesticidas, metales pesa-

dos, u otras sustancias, que envenenan a los pólipos coralinos; 2. Los fertilizantes usados en las prácticas agrícolas que son arrastrados por el agua a los mares y promueven el crecimiento exagerado de poblaciones de algas que pueden entorpecer la actividad biológica de los arrecifes coralinos; 3. Las grandes deforestaciones realizadas en los bosques tropicales que hacen que los ríos arrastren a las costas una gran cantidad de restos que oscurecen las aguas y bloquean la luz solar necesaria para que los corales vivan; 4. La sobreexplotación de materiales procedentes de los arrecifes; 5. La práctica de la pesca con dinamita, cianuro o sustancias cáusticas, que ha causado estragos en la región Indopacífica. Como muestra, ello fue responsable de que entre 1986 y 1991 se destruyesen la mitad de los arrecifes de coral en Filipinas.

Pero a estos peligros locales y regionales se sumó otro, cada vez más importante y frecuente: el del emblanquecimiento, que consiste en la pérdida de las zooxanthellas simbióticas, con lo que se rompe la cadena nutricional, y se decolora el sistema que muere. En 1980 se habían producido algunos casos en los arrecifes cercanos a la Isla de Pascua. El problema se recrudeció cuando en 1982 y 1983 quedó afectada la gran barrera de arrecifes de coral, en el Mar de Coral, cerca de Australia, que es el mayor depósito de coral del mundo, con una longitud de 2.000 km. Los investigadores descubrieron que varios factores podían ser los responsables, siendo el más importante el del calentamiento de las aguas, que provoca la ruptura de la simbiosis entre las algas y las células animales que constituyen los corales. Ello da lugar a la expulsión de las algas simbióticas. Las que subsisten pierden sus pigmentos clorofílicos con lo que los tejidos se vuelven translúcidos. El proceso puede revertir con una bajada de la temperatura, pero si ello no ocurre y las algas no vuelven, el coral muere en pocas semanas.

BALI. En el reciente Simposio celebrado en Bali la situación se ha presentado como angustiosa. El episodio de la corriente de El Niño, de hace dos años, hizo aumentar la temperatura del agua en algunas zonas en casi 4 ºC, lo que ha causado grandes desastres en los arrecifes de coral. Y las perspectivas futuras no son muy buenas. De un lado está el efecto invernadero que puede estar provocando el calentamiento global de la Tierra. Por otra parte, el agujero de ozono, con el

incremento en las radiaciones ultravioletas, que también favorecen el emblanquecimiento de los corales. Y un tercer nuevo factor, hasta ahora no tenido en cuenta, es el del aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, que afecta desfavorablemente a los procesos de calcificación de los corales. La destrucción acelerada de los corales también impedirá otra posibilidad interesante que se estaba poniendo en marcha: las grandes oportunidades de los ecosistemas marinos de los arrecifes de coral para obtener nuevas sustancias con aplicaciones médicas.

Se han propuesto diversas actuaciones internacionales para frenar los procesos degradativos, pero ninguna será de efectividad inmediata. El único consuelo, hasta que las medidas sean eficaces, es el de confiar en la capacidad de adaptación de los sistemas biológicos para resistir los influjos externos nocivos y para buscar nuevas adaptaciones

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Según una investigación publicada en uno de los últimos números de la revista American Journal of Clinical Nutrition hacer ejercicio puede ser tan beneficioso para los huesos como tomar diez vasos de leche o cinco pastillas de calcio, sobre todo en la etapa de formación ósea, antes de los 25 años, que es crítica, ya que a partir de esa edad comienza un debilitamiento gradual que deriva en osteoporosis y fracturas en un 40% de las mujeres tras la menopausia y en un 12% de los hombres mayores de 50 años. El ejercicio puede ser tan normal como caminar, bailar o subir escaleras.

TURISMO Y CORAL

Para muchos países caribeños el turismo es un sector clave que representa más del 50% del producto interior bruto, empleando a más de medio millón de personas. Un alto porcentaje de los visitantes lo hacen atraídos por las prácticas de

submarinismo, de la observación de los ecosistemas acuáticos. La relación beneficio/costo supera la cifra de 10 en el caso de parques submarinos protegidos, como es el Parque Nacional de las Islas Vírgenes. Otro dato: sólo en Tailandia se contabilizan más de 6.000 pequeñas embarcaciones dedicadas al turismo de los arrecifes de coral.

ARABIDOPSIS

La Arabidopsis thaliana es una diminuta planta relacionada, con la de la mostaza. Constituye un modelo ideal para investigar las complejas características de la biología vegetal. Esta semana dos importantes revistas, Science y Nature, incluyen interesantes trabajos de investigación al respecto. Y, concretamente, Nature, como consecuencia de un proyecto colaborativo investigador internacional, ofrece la secuencia total de la Arabidopsis thaliana, constituyendo la primera secuencia completa conocida de una planta.

LOS GASES DEL PRESIDENTE BUSH

La reciente decisión del presidente norteamericano George W. Bush, jr., de retirar a los Estados Unidos de las obligaciones que el Protocolo de Kyoto imponía a su industria, ha hecho que algunos califiquen esa medida, por su trascendencia negativa futura sobre la salud de nuestro planeta y de sus habitantes, como un verdadero crimen contra la Humanidad, de naturaleza diferente, pero no por ello menos horrenda, que los que hasta ahora se han considerado como tales crímenes. Y piensan que sus derivaciones finales podrían llegar a ser más letales que otros crímenes generales más clásicos, sobre todo para los países más pobres sin recursos o sin alternativas para luchar contra las consecuencias del efecto invernadero.

Muchas personas piensan que el efecto invernadero es un fenómeno conocido desde hace pocos años y que la Ciencia no tiene las ideas muy claras respecto a su naturaleza y trascendencia. Pero algunos datos son incuestionables. Por ejemplo, todo indica que desde 1850 se ha producido un incremento medio de la temperatura global de la Tierra de más de un grado centígrado pero ¿quién puede asegurar que ello no es sino sólo una parte de una fluctuación natural?. Existen evidencias de que diversas fluctuaciones han tenido lugar durante decenas de miles de años, y de que se producen en ciclos cortos y largos. Pero, también sabemos desde hace más de 100 años, más precisamente desde 1896, que el

dióxido de carbono ayuda a impedir que los rayos infrarrojos escapen al espacio, lo que hace que se mantenga una temperatura relativamente cálida de nuestro planeta (efecto invernadero).

ARRHENIUS. El físico y químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927), ese año de 1896, fue capaz de formular la teoría de que las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) procedentes de la combustión del carbono provocaban el efecto invernadero en la atmósfera. Realmente Arrhenius fue un gran genio científico, ya que profundizó y aclaró conceptos diversos relacionados con los electrolitos y la electrolisis o la naturaleza íntima de las sustancias ácidas y de las alcalinas, adelantándose a su tiempo, por lo que su tesis doctoral sobre estos temas no fue bien comprendida por sus compatriotas científicos, que la calificaron con la nota más baja. Sin embargo, su carrera científica prosiguió con gran brillantez, llegando a obtener el Premio Nobel de Química de 1903, haciendo valiosas contribuciones sobre la relación entre velocidad de las reacciones químicas y temperatura (ecuación de Arrhenius). No satisfecho con ello se dedicó también a la Geología y a la Cosmología, siendo el primero en proponer la posibilidad de la panespermia, tan en boga últimamente, que afirma que la vida se puede transmitir de astro a astro, mediante esporas bacterianas, movidas por la presión de la luz.

A partir de la idea inicial de Arrhenius el concepto del efecto invernadero se fue desarrollando temporalmente. En 1924, el físico estadounidense Lotka predijo que la actividad industrial podría duplicar la cantidad de CO_2 atmosférico en 500 años; en 1954, Hutchingson, biólogo de Yale, sugirió que la deforestación haría aumentar el nivel de CO_2 atmosférico; en 1957, los científicos del Instituto Scripps de Oceanografía indicaban que los océanos no pueden absorber una buena parte del CO_2 emitido hacia la atmósfera. Además, en esa época se comienzan a realizar medidas fiables de este gas desde el Observatorio de Mauna Loa, en Hawai; en 1967, una primera simulación realizada con ordenadores indica que la temperatura media del planeta aumentará 2 ºC cuando los niveles del CO_2 dupliquen a los de la época preindustrial; en 1976 son identificados los clorofluorcarbonados (CFC, de aerosoles y circuitos refrigerantes), el metano (fer-

mentaciones) y el óxido nitroso (en gases de motores y automóviles) como gases protagonistas del efecto invernadero; en 1988, se crea el IPCC o Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, participando expertos de todo el mundo; en 1990, 49 Premios Nobel y 700 científicos muy prestigiosos elaboran y firman un documento sobre el calentamiento global; en 1992, existe un tímido acuerdo inicial en la Cumbre de Río, con la firma por 152 países de la Convención de la ONU sobre el Cambio Climático. En 1993 lo ratificaron 50 países; 1994 y 1995 son los años más calientes de los que se tienen registros históricos y la década de los 90 es la más caliente de los últimos mil años. ¿Qué sucederá en el futuro?

EFECTO INVERNADERO. Este término se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La Tierra, como parte de un proceso natural recibe continuamente energía del Sol (en términos cuantitativos la radiación solar entrante a la atmósfera equivale a 1.340 w/m^2, es decir, vatios por metro cuadrado). La atmósfera es bastante transparente a la radiación solar de onda corta y sólo absorbe 234 w/m^2 y refleja otros 94 w/m^2. Por tanto, unos 1.012 w/m^2, llegan a la Tierra, donde se absorben una parte, unos 300 w/m^2. El resto de radiación, junto con otra procedente de la propia actividad térmica terrestre, se vuelve irradiar desde la superficie terrestre (2.384 w/m^2), emitiéndose hacia el espacio exterior, pero sólo una pequeña parte atraviesa la atmósfera, ya que con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos (calor), al chocar con gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los halocarbonos y el ozono, presentes en la atmósfera, es absorbida o reflejada en ellos y se devuelve en forma de calor, calentando la atmósfera y la superficie terrestre. Todo ello constituye un equilibrio natural, que se altera cuando en la atmósfera existe una concentración de gases de efecto invernadero mayor que la normal y natural.

NACIONES UNIDAS. La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático fue aprobada en 1992, con el objetivo de estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. De acuerdo con esta Convención los países tendrían responsabilidades comunes y diferenciadas. Por ejem-

plo, los países industrializados deberían liderar la lucha contra el cambio climático mediante la reducción de los niveles ingentes de CO2 lanzado a la atmósfera por su industria.

Ello se articuló en la Cumbre de la Tierra firmada por 154 países y la Unión Europea, en Río de Janeiro, siendo ratificado el acuerdo con posterioridad por numerosos países, por lo que entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Sin embargo, la principal fuente contaminadora del planeta, la industria de los Estados Unidos, consiguió que este país no ratificase el acuerdo. Para solucionarlo, tuvo lugar el Protocolo de Kyoto, en 1997, pero nuevamente Estados Unidos aplazó su ratificación.

Ha sido ahora, cuando en un gesto claramente egoísta e insolidario del presidente Bush, con desprecio absoluto hacia el resto de la Humanidad, ha decidido definitivamente que Estados Unidos no ratificará el Protocolo de Kyoto, posiblemente, con la consecuencia predecible de poner en graves riesgos futuros a una buena parte del planeta, comenzando con los países más desfavorecidos. Los hombres tenemos la obligación de dejar a nuestros descendientes una tierra habitable. ¿Habrá respuestas suficientemente valientes y enérgicas procedentes de los responsables políticos, cívicos, intelectuales y morales del resto del mundo, incluyendo también a las diversas organizaciones sociales?.

MIL AÑOS

Los análisis realizados en trozos de hielo procedentes de la Antártida y en el Observatorio Mauna Loa de Hawai han aclarado la evolución del contenido en CO2 durante los últimos mil años. Hasta el año 1800, comienzo de la revolución industrial, su concentración se mantuvo estable, en torno a las 280 ppm (partes por millón). En el año 2000 la cifra superó las 360 ppm, ya que últimamente el contenido en dióxido de carbono de la atmósfera ha venido aumentando un 0,4% cada año, como consecuencia del uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón. También ha sido un factor negativo relevante que ha influido en el ciclo del carbono la destrucción de bosques tropicales por el método de cortar y quemar.

QUEMAS

Además del caso bien conocido de las selvas amazónicas del que nos ocupamos en alguna ocasión anterior, en otros países como la bellísima Guatemala, con la segunda reserva forestal mundial en importancia cuantitativa, se han deforestado más de 60.000 hectáreas de selvas. En los días finales del mes de abril, cuando los indígenas mayas se preparan para la próxima siembra del maíz, el olor a humo y la presencia de pequeños incendios que, a veces, derivan en otros grandes incontrolados en las zonas de plantación, es una constante en numerosas zonas agrícolas del país, sobre todo las cercanas al lago Peten Itzá.

CONSECUENCIAS

En un tema en el que intervienen múltiples y complejos sistemas químico-físicos naturales es muy difícil, por ahora, predecir las consecuencias. Sin embargo, la mayor parte de expertos están de acuerdo en un aumento global de la temperatura, de 2 a 6 °C en los próximos 100 años, que el cambio de clima en todo el mundo, afectaría a las cosechas y que haría que el nivel del mar subiera significativamente. Los datos parciales que se van observando en diversos lugares del planeta parecen confirmar estas predicciones. Aunque es difícil distinguir las emisiones de dióxido de carbono de origen humano de las naturales las consecuencias potenciales del calentamiento global son tan amenazadoras que la presión de la humanidad debería dirigirse a evitar actitudes como la del presidente americano Bush.

¡QUÉ CALOR!

En esta semana se ha celebrado el Día Mundial del Medio Ambiente. 17 grandes Academias científicas mundiales han elaborado un editorial sobre el tema que se ha publicado en las principales revistas científicas del mundo, como Science, relacionado con el cambio climático y el calentamiento de nuestro planeta.

Entre las Academias firmantes se encuentran la Royal Society del Reino Unido, la Academia Francesa de las Ciencias, la Academia Alemana Leopoldina de Científicos Naturalistas, la Real Academia Irlandesa, la Academia Nacional Italiana, la Real Academia Sueca de las Ciencias o la Real Academia Flamenca Belga de las Ciencias y de las Artes. Y, entre las ausentes, la más significativa, sin duda, es la Academia Nacional USA de las Ciencias. Mientras, el presidente Bush, que nos visitará estos días, sigue doblegado a los intereses económicos de las grandes empresas petroleras, que apoyaron su campaña electoral, manteniendo su oposición a la ratificación del Protocolo de Kyoto.

MANIFIESTO. La declaración mundial apoyada por esas prestigiosas Instituciones comienza recordando que el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) representa el consenso de la comunidad científica internacional sobre la ciencia del cambio climático, constituyendo la fuente mundial más fiable de información sobre el cambio climático y sus causas. Que sus procedimientos son prudentes y seguros, aunque la complejidad del tema siempre deja abiertas ciertas incertidumbres. Pero que

hay que aceptar la conclusión del IPCC de que, como mínimo con un 90% de probabilidad, las temperaturas continuarán aumentando, con un incremento en la temperatura superficial terrestre, que en el año 2100, respecto a las existentes en 1999, estará comprendido entre 1,4 ºC, en el caso del mejor escenario de los posibles, y 5,8 ºC, si el escenario previsto empeora notablemente. Y que esta mayor temperatura vendrá acompañada de un aumento en el nivel de las aguas marinas, unas más intensas precipitaciones en ciertas áreas geográficas y unas sequías más intensas y pronunciadas en otras áreas. Todo ello se traducirá en efectos adversos sobre la agricultura, la salud humana y los recursos hídricos. Recordemos que más de 2.500 científicos trabajaron en el informe del IPCC durante tres años, lo que le constituye en un consenso internacional global en el tema del cambio climático.

También se destaca el precedente de que, en mayo del 2000, en la reunión de Tokio del IAP (Inter Academy Panel), 63 Academias científicas de todo el mundo apoyaron una declaración sobre la sostenibilidad, ya que «las tendencias globales del cambio climático... hacen crecer la preocupación», urgiendo a trabajar por encontrar un desarrollo sostenible que compagine las necesidades humanas con la preservación del ambiente y de los recursos nacionales necesarios para las generaciones futuras. Y se dejaban claramente establecidos dos principios: que las actividades humanas están contribuyendo adversamente al cambio climático y que, en la actualidad, mantener las actividades contaminantes existentes no puede constituir una opción viable.

SOLUCIONES. El manifiesto científico mundial que hoy estamos comentando URGE A TODOS: individuos, empresas, gobiernos, a tomar acciones inmediatas para reducir los gases causantes del efecto invernadero. En 1992, en una reunión convocada por las Naciones Unidas, nada menos que 182 países participantes apoyaron una petición global «para estabilizar las concentraciones atmosféricas de los gases invernaderos en niveles seguros». Como consecuencia de ello se estableció, en 1997, el conocido como Protocolo de Kyoto, firmado por 84 países, en el que, concretamente, se estableció que los países desarrollados tendrían que reducir sus emisiones anuales agregadas para el periodo 2008-2012 en un 5,2% respecto a las emisiones existentes en 1990.

Por ello, la ratificación del Protocolo de Kyoto sería una mínima medida, pero esencial, para una primera etapa con el objetivo de estabilizar la concentración atmosférica de los gases del efecto invernadero. Además, ello ayudaría a crear las bases sobre las que construir un equitativo acuerdo entre los países del mundo desarrollado y del subdesarrollado, a fin de que, a mitad del presente nuevo siglo, se pudiesen adoptar otras medidas complementarias más drásticas que serán imprescindibles.

Las Academias antes citadas estiman que se pueden realizar muchas cosas, sin grandes costos, para reducir las emisiones de los gases perjudiciales, que se deben coordinar mejor todos los esfuerzos, responsabilidad sobre todo de los países desarrollados, que deben estar siempre apoyados en los desarrollos científicos y tecnológicos, con una conclusión final clara: «El balance total de las evidencias científicas demanda que iniciemos inmediatamente etapas efectivas para evitar los cambios dañinos al clima de la Tierra»

USA. Robert May, presidente de la Royal Society del Reino Unido ha declarado que el Manifiesto Mundial de las Academias ha sido provocado, al menos parcialmente, por el reciente rechazo del presidente Bush a la ratificación del Tratado de Kyoto y por la cierta resistencia para hacerlo por parte de otros países, como Australia. La ausencia, entre las Academias firmantes, de la importante NAS (Academia Nacional USA de las Ciencias), no es irreversible. Entre las excusas que han manifestado desde la NAS figuran la premura en la decisión, que el Protocolo de Kyoto es más regulador que científico y, sobre todo, que esa Academia está realizando una evaluación científica propia del informe del IPCC, por lo que no quieren prejuzgar los resultados.

Así es, ya que durante los próximos días, un panel de 11 miembros de la NAS tratará de estudiar si sus deducciones coinciden con las del resto del mundo científico, evaluando si el cambio climático ya está teniendo lugar, cuál es la contribución de la actividad humana y cuál será el incremento previsible de la temperatura. Entre los participantes se incluyen a 7 académicos de la NAS, como el Dr. Rowland, Premio Nobel por sus descubrimientos sobre las sustancias químicas que destruyen la capa de ozono y muy señalado por sus demandas de tomar medidas al respecto; como el Dr. Hansen, quien recientemente ha sugerido la adición del hollín a la lista de conta-

minantes recogidos en Kyoto; pero también como el meteorólogo Richard Lindzen, un escéptico del calentamiento global. Y Jack Townsend, ex-director del Centro Espacial Goddard de la NASA, ha resumido una preocupación generalizada de que «la NAS no es independiente en el sentido de que reciben financiación gubernamental para realizar sus estudios. Y no pueden golpear demasiado a sus clientes».

Mientras tanto, las noticias científicas sobre el calentamiento global siguen sucediéndose continuamente. Por ejemplo el célebre explorador Boerge Ousland, quien posee varias marcas mundiales de esquí de larga distancia, acaba de recorrer más de 2.000 kilómetros, durante 82 días, desde el Norte de Rusia al Polo Norte y Canadá. Por encargo del Instituto Polar de Noruega ha realizado medidas del espesor de la capa de hielo polar. En los últimos 30 años la disminución ha sido del 40%, y en los últimos siete años el proceso se ha acelerado. Por otra parte, en el reciente Congreso celebrado en Boston por la AGU (American Geophysical Union) se han presentado los resultados obtenidos mediante observaciones con satélites comparando la situación actual de todos los glaciares montañosos del mundo en relación con los registros fotográficos históricos existentes. Y la conclusión ha sido clara: los glaciares montañosos están en clara recesión, con significativas disminuciones de sus tamaños en la última década, ocurriendo el proceso en casi todas las zonas geográficas estudiadas, siendo el proceso más acelerado para los glaciares montañosos que para los polares.

Es bien conocida la idea de que poseemos la Tierra como un préstamo de nuestros hijos y descendientes. Oigamos las advertencias de los científicos y exijamos a nuestros gobernantes que tomen medidas positivas contra la degradación del medio ambiente, a fin de que las generaciones futuras no sufran las consecuencias de una herencia indeseable

ALIMENTACIÓN Y SALUD

La concentración y capacidad de oxidación de las LDL («colesterol malo», lipoproteínas de baja densidad) están muy relacionadas con el desarrollo de la aterosclerosis y otras enfermedades cardiovasculares. Una investigación publicada en

el último número del Journal of Nutrition demuestra la influencia de la dieta en el control de la concentración de LDL. La conclusión principal es que, con dietas de bajo contenido en grasa se obtienen efectos positivos, que también se pueden lograr con dietas ricas en grasas monoinsaturadas que estén basadas en aceite de oliva, aceite de cacahuete o grasas procedentes de frutos secos.

ARMONÍA

Las universidades europeas se enorgullecen de su pasado histórico y de su independencia. Pero el mundo actual exige que, incluso para el talento intelectual, desaparezcan las fronteras nacionales. Por ello, se acaban de reunir los ministros de Educación de 30 países europeos para armonizar sus sistemas universitarios, estableciendo la «Zona Europea de la Educación Superior», con la intención de establecer titulaciones y programas comparables, fácil transferencia de créditos, mayor movilidad, acreditaciones institucionales y titulaciones conjuntas

ALZHEIMER

Es bien conocido que la enfermedad de Alzheimer se caracteriza por la acumulación cerebral de una pequeña proteína anormal, la proteína beta amiloidea. Hasta ahora, la mayoría de los investigadores habían puesto su atención en las enzimas responsables de la formación y liberación de esa proteína. Pero, recientemente, un grupo investigador liderado por Takaomi Saido, ha expuesto en la revista Science que la clave de la enfermedad puede radicar en una menor operatividad que la normal de las enzimas responsables del catabolismo o destrucción de esa proteína. La enzima mejor candidata, aunque no la única, para efectuar esa misión se ha caracterizado y se llama neprilisina.

CARBURANTES POR LAS NUBES

Durante los dos años pasados un numeroso grupo de personas se ha ocupado de buscar insistentemente benceno en las ciudades europeas de Copenhague, Amberes, Rouen, Padua, Murcia y Atenas. Lo que pretendían no era encontrar nuevas fuentes de carburantes ante la escalada de precios del petróleo, sino comprobar la presencia cuantitativa de benceno, un hidrocarburo contaminante y carcinogénico, en el aire de nuestras ciudades, en el interior de nuestros hogares, así como evaluar la exposición individual sufrida en cada caso, según las actividades realizadas.

En julio de 1997, escribíamos un artículo referido al proyecto de investigación, aún por iniciarse en aquel entonces, auspiciado por la Unión Europea, denominado MACBETH (Monitoring of Atmospheric Concentrations of Bencene in Eutopean Towns and Houses), liderado por científicos italianos, con la participación de investigadores de varios países. Los españoles, pertenecientes al Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la Universidad de Murcia. Ahora, en uno de los recientes números de la prestigiosa revista Nature, acaban de realizar un avance de los resultados más significativos e interesantes obtenidos.

HECHOS. Uno de los frutos indeseables de la actividad humana es el de arrojar ingentes cantidades de contaminantes a la atmósfera, hasta 20 toneladas anuales por persona, con mayor intensidad si el grado de desarrollo del país es más

alto. Entre ellos se encuentra el benceno, procedente de las emisiones de los combustibles de nuestros vehículos, por evaporación (al repostar) o por una inadecuada combustión. También puede originarse en otras actividades industriales y no podemos ignorar el importante hecho de que en los fumadores su mayor porcentaje de asimilación procede de la combustión de los cigarrillos.

Actualmente, el carácter cancerígeno del benceno no ofrece ninguna duda científica, pero lo que todavía desconocemos con exactitud son las relaciones existentes entre el nivel de contaminación ambiental, el valor de la exposición que realmente se soporta e inhala, y los riesgos reales que suponen esas inhalaciones. En todo caso, se ha calculado que aun concentraciones bajas, como sería la resultante de distribuir de forma permanente un total de cincuenta gramos de benceno gaseoso en el espacio interior de todas las viviendas de una población de un millón de habitantes, haría que la aparición de leucemias se incrementase en 4-5 casos más que sin la presencia de este contaminante. Y ello significaría tan sólo una exposición permanente a una concentración de 1 microgramo de benceno por metro cúbico. Las cifras reales son mucho mayores cuando se conduce un vehículo en condiciones de tráfico pesado o cuando se atraviesa un túnel. Peor aún es la situación si el carburador del coche no funciona bien. En este caso, incluso en el interior del vehículo, una investigación realizada en Estados Unidos puso de manifiesto que se podían alcanzar exposiciones superiores a los 40 microgramos por m^3.

EUROPA. En la investigación europea hoy comentada se situaron 100 dispositivos (radiello) de medida en las seis ciudades antes citadas con los que durante dos años, cada dos meses, de lunes a viernes, se recogió y analizó en cada uno el nivel de contaminación por benceno. Por otra parte, en cada una de las ciudades se escogieron 50 voluntarios, no fumadores, divididos entre dos clases fundamentales: los más expuestos a los gases del tráfico (policías, carteros, taxistas, etc.) y los menos expuestos a la contaminación (estudiantes, profesores, oficinistas, etc.). Todos ellos llevaron consigo el correspondiente dispositivo muestrador, por los mismos periodos que los señalados anteriormente. En tercer lugar, otros dispositivos similares, con la misma temporalidad en la toma de muestras, se ubicaron en el interior de los hogares de cada uno de los 300 voluntarios totales inter-

vinientes. Esto significó la obtención y análisis de más de 6.200 muestras, de las que, aproximadamente la mitad corresponden a la contaminación urbana, una cuarta parte a la contaminación personal y otra cuarta parte a la contaminación de los hogares.

Para interpretar adecuadamente los resultados hay que tener en cuenta diversos factores que intervienen. En las ciudades pueden ser determinantes sus condiciones meteorológicas, que se podrían esquematizar por sus respectivas latitudes geográficas y las velocidades usuales locales de los vientos. En cuanto a los hogares, los condicionantes son la relativa cercanía o lejanía de los centros urbanos con tráfico congestionado y las condiciones climatológicas que permitan o dificulten la renovación del aire. En cuanto a la exposición personal puede ser menos importante el número de horas pasado en el exterior que la calidad contaminante de esas horas: altas contaminaciones a ciertas horas y menores a otras.

RESULTADOS. En las ciudades existen disparidades entre ellas del orden 1:5, existiendo una exacta correlación entre su menor latitud o su menor velocidad de los vientos con el hecho de presentar una mayor contaminación. Copenhague, Amberes y Rouen mostraron las menores contaminaciones (entre 3 y 5 microgramos por m^3) al estar ubicadas más al norte (50-60º N) y tener vientos más fuertes (3-6 m/s); Padua ocupa una posición intermedia de contaminación bencénica con unos 8 microgramos por m^3 (latitud aproximada 45º N y velocidad de viento 4 m/s); mientras que Murcia y Atenas presentan las mayores contaminaciones urbanas, con 12 y 22 microgramos por m^3 de benceno, respectivamente, debido a su menor latitud (aproximadamente 40º N) y menor velocidad de los vientos medios (0,1 m/s).

Respecto a los hogares, las variaciones de contaminación son más atenuadas, del orden de 1 a 3 (desde unos 4 microgramos por m^3 hasta máximos de unos 12 microgramos por m^3). En orden creciente se sitúan Copenhague, Padua, Amberes, Rouen, Atenas y Murcia. En general, al comparar los valores del exterior urbano con los de los hogares parece como si éstos actuasen favoreciendo el flujo contaminante hacia el interior, debido posiblemente a sus superficies adsorbentes de paredes, cortinas, muebles, etcétera, de modo que, como media, la contaminación bencéni-

ca en el hogar es 1,5 veces superior a la externa. En cuanto a la razón de que los hogares de Atenas estén en mejor situación relativa que los de Murcia puede deberse a que en esa ciudad los voluntarios solían vivir en las afueras de la misma.

Por último, la contaminación personal dependerá del total de horas pasados en el hogar (un 59% como media) y del «grado contaminante» de las horas pasadas en el exterior. En este caso el Sureste español, concretamente los murcianos, son los que se llevan, por tanto, la peor parte, con una contaminación personal que supera los 20 microgramos por m^3, seguidos de los habitantes de Atenas (18), Rouen (13), Amberes (12), Padua (10) y Copenhague (6).

Conclusión: las autoridades europeas, nacionales y locales deben ser conscientes de estos problemas sobre la calidad del aire que respiramos y están obligados a tomar las medidas oportunas para que el tráfico urbano de vehículos no nos deje unas secuelas que además de tóxicas pueden ser letales.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

En el último número correspondiente de la revista Psychosomatic Medicine se incluye una investigación realizada por investigadores holandeses en la que se estudia la relación entre los niveles de colesterol en suero (colesterolemia) y la tendencia a sufrir depresiones (medida mediante el índice de Beck). Las conclusiones son muy claras, con relaciones inversas, en el sentido que los individuos estudiados, varones entre 40 y 70 años, cuando su colesterolemia es inferior a 4,5 mmol/L poseen un riesgo de sufrir depresiones severas que es 4-7 veces superior que si el colesterol está en niveles más altos, en el rango de 6-7 mmoles/L.

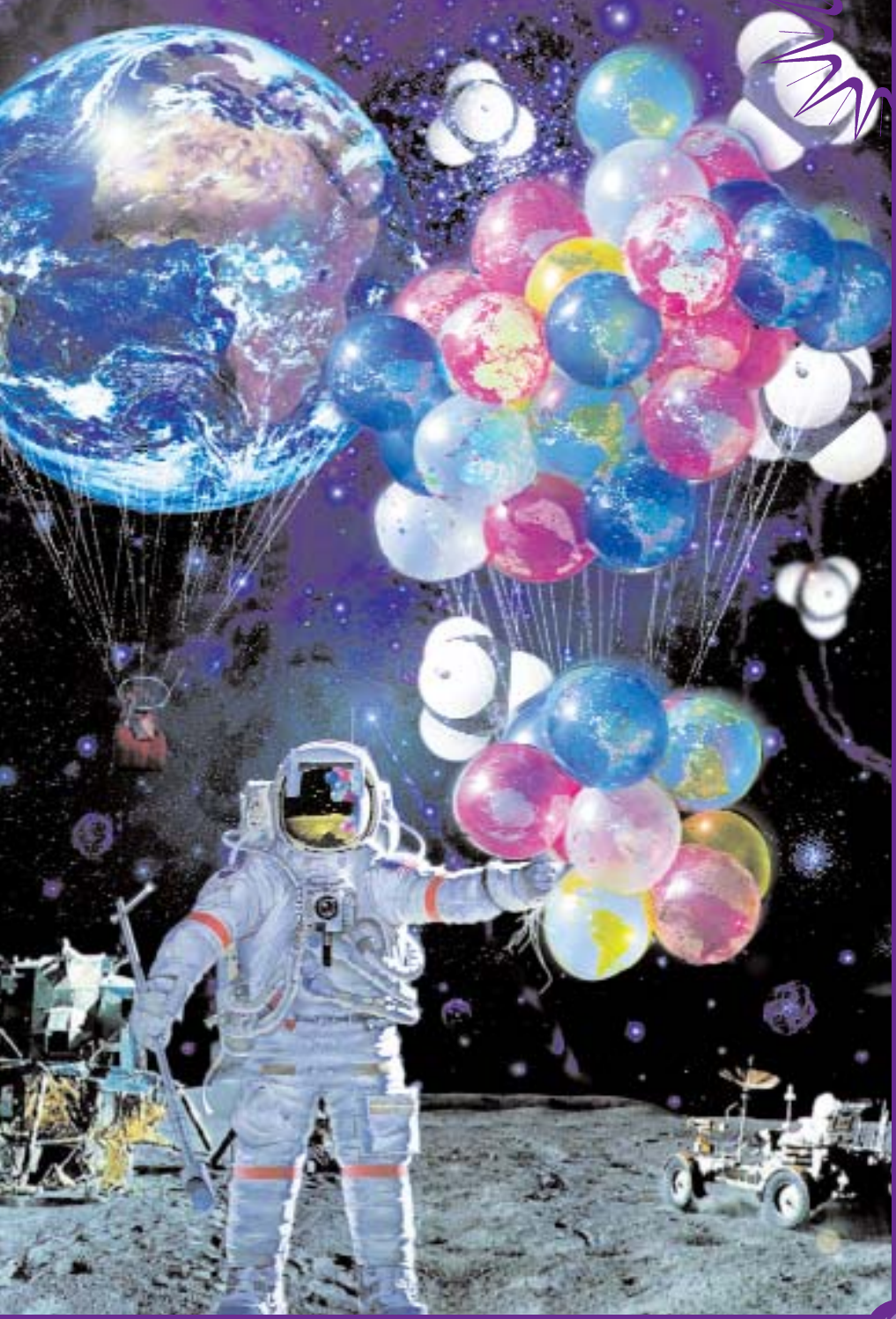
GRASAS

En el próximo número de la revista Journal of Nutrition se incluirá una investigación realizada por científicos japoneses en la que se investiga la influencia del tipo de grasas ingeridas respecto al tipo de grasas acumuladas en nuestro cuerpo.

La principal conclusión es que el consumo de diacilgliceroles en lugar de triacilgliceroles, es decir, con una esterificación del glicerol en sólo dos de sus tres posiciones, reduce muy significativamente la acumulación de las grasas corporales en forma de depósitos grasos, mientras que no se producen cambios importantes en la composición cualitativa ni cuantitativa de los lípidos en el suero.

PLANETAS FLOTANTES

Astrofísicos del Reino Unido han observado por primera vez trece cuerpos celestes, planetas, con menor masa que Júpiter, flotando en el espacio, durante sus observaciones de la nebulosa Orión. Asimismo han contado más de un centenar de enanas marrones, que tal como demostraron en 1994 los astrofísicos del Instituto de Astrofísica de Canarias, son unos objetos intermedios entre las estrellas y los planetas, denominándose al conjunto de de planetas y enanas marrones como objetos subestelares.



© PACO HERNÁNDEZ

Las tragadoras de gases

LAS TRAGADORAS DE GASES

Las condiciones que posibilitan nuestra existencia e, incluso, la de cualquier forma de vida, están muy ligadas al gas metano existente en la atmósfera. El gas metano es el principal componente del gas grisú, conocido en minería por los devastadores efectos de las explosiones de sus mezclas con el aire. Asimismo, es conocido como gas de los pantanos porque se forma por la descomposición bacteriana anaerobia de los materiales vegetales en las zonas pantanosas.

También es un elemento importante del gas natural, aprovechándose el alto rendimiento calorífico de su combustión. Pero el gran problema del gas metano es el de su tremendo efecto invernadero, con una intensidad superior 25 veces a la del conocido y polémico dióxido de carbono, cuyo control de emisiones ha sido objeto de acaloradas discusiones en las últimas cumbres mundiales sobre el cambio climático.

INCÓGNITAS. Pues bien, enterradas bajo el suelo del fondo de los océanos se calcula que existen nada más y nada menos que unas 10 billones de toneladas de gas metano. Esta inmensa cifra representa más del doble de la suma de todos los combustibles fósiles existentes conocidos, tales como el petróleo o el carbón. Ello indica que si las inmensas cantidades de metano acumuladas en los océanos escaparan a la atmósfera tendría lugar una conmoción climática de consecuencias fatales incalculables.

Más aún. Los científicos atmosféricos creen que en los primeros tiempos tras la formación de la Tierra existió en la atmósfera una concentración de metano mil veces superior a la que hoy conocemos. Principalmente, su origen fue volcánico aunque, posteriormente, también contribuyeron a su acumulación la actividad de los microbios productores de metano. Muy posiblemente, en esa época el metano pudo ejercer un efecto muy favorable, ya que, dadas las condiciones climáticas existentes entonces, su gran efecto invernadero colaboró eficazmente para evitar la congelación de nuestro planeta.

Pero si la alta concentración de metano hubiese permanecido estable o hubiese aumentado, la Tierra se hubiera calentado tanto que, al igual que lo ocurrido con Venus, no habría tenido lugar el desarrollo de formas vivientes sobre su superficie. Por tanto, una pregunta es inmediata: ¿Cómo se logró la reducción de esa altísima concentración de metano?.

Otra incógnita adicional: A partir de los 10 billones de toneladas existentes enterrados en los fondos oceánicos, anualmente se liberan unos 300 millones de toneladas del gas. Sin embargo, a la superficie de los océanos no llega prácticamente ningún metano e, incluso, la mayor parte del mismo desaparece en el corto trayecto que va desde su ubicación original hasta alcanzar las primeras capas de agua del fondo oceánico.

SOLUCIONES. Las respuestas casi completas para estos enigmas se han descubierto recientemente. La solución es que el metano es devorado y transformado por unas extensísimas poblaciones de diminutos microbios ubicados en los lodos marinos, cuya hipotética existencia, hasta hace poco, había sido negada casi unánimemente por los científicos.

Las primeras sospechas al respecto ya se tuvieron hacia 1970, cuando el grupo investigador dirigido por el Dr. William Reeburg, de la Universidad de California, estudiaba las regiones ricas en metano de algunos suelos marinos. Comprobaron que las bacterias productoras de metano generaban continuamente grandes cantidades del mismo en el interior de los suelos oceánicos. Sin embargo, cuando analizaban las capas superficiales de suelo firme, en las zonas marítimas más profundas, sorprendentemente el metano ya había desaparecido. Por ello, el Dr. Reeburg lanzó la

hipótesis de la posible existencia de microorganismos capaces de captar el metano y convertirlo en dióxido de carbono. Pero la hipótesis tenía que ser demostrada.

Una primera dificultad era que las leyes biológicas parecían oponerse a ello. Efectivamente, se conocían otras bacterias comedoras de metano, pero sólo operaban en aguas frescas y ambientes muy ricos en oxígeno, este último imprescindible para metabolizar el metano. Pero, es bien sabido, que en la profundidad de los fondos oceánicos existe una carencia casi absoluta de oxígeno.

El misterio se complicó cuando los científicos investigaron las concentraciones de sulfato. El sulfato, que es un componente normal de las aguas marinas, penetraba en el subsuelo oceánico pero al alcanzar una cierta profundidad, coincidente con la de la desaparición del metano, su concentración caía abruptamente. Entonces, la nueva hipótesis de los geoquímicos fue la de la existencia de unos microorganismos que eran capaces de destruir simultáneamente al metano y a los sulfatos. Pero como las condiciones de los fondos oceánicos son imposibles de reproducir en los laboratorios, las correspondientes investigaciones tuvieron que realizarse por medios indirectos

ARQUEAS. Y pronto se acumularon evidencias al respecto, que fructificaron con el hallazgo de unos microorganismos especiales clasificables como arqueobacterias. Dentro de los organismos procariotas existen dos linajes diferentes: eubacterias y arqueobacterias. Cuando se habla de bacterias usualmente nos estamos refiriendo a eubacterias. Las arqueobacterias suelen crecer en medios inhóspitos. Por ejemplo, algunas se han encontrado en los brotes acuíferos de fondos marinos, a más de 300 ºC de temperatura. Otras arqueobacterias, las termoacidófilas, se hallan en fuentes termales sulfurosas de gran acidez (pH 2) y altas temperaturas (80ª C). También son arqueobacterias las metanogénicas, que en ausencia de oxígeno producen metano por reducción del dióxido de carbono, en los fondos acuosos de cierta profundidad.

En el caso que nos ocupa, las arqueobacterias devoradoras de metano han podido ser identificadas, y estudiadas en los últimos dos años. Viven enterradas en los fondos marinos, agrupadas en conjuntos de unos 100 individuos, con la peculiaridad de que cada uno de estos conjuntos está rodeado de una capa de bacte-

rias diferentes, con las que mantienen una especie de simbiosis química. Las bacterias de la capa externa son capaces de consumir sulfatos externos así como compuestos carbonados procedentes de las arqueobacterias interiores. Éstas, a su vez, pueden alimentarse con metano, con un consumo anual total aproximado de unos 300 millones de toneladas, lo que representa la misma o mayor cantidad de metano que la que los humanos lanzamos anualmente a la atmósfera como consecuencia de todas nuestras actividades agrícolas, industriales, etcétera.

Pero aunque comenzamos a conocer la solución a la intriga del metano aún queda mucho por investigar al respecto ya que, por ejemplo, desconocemos casi totalmente los mecanismos moleculares que subyacen en la simbiosis química que se ha establecido entre las arqueobacterias consumidoras de metano y las bacterias consumidoras de sulfato. Lo que es claro es que si, a lo largo de la historia de la Tierra, no hubiesen aparecido estas arqueobacterias devoradoras de metano, ninguno de nosotros existiríamos, ya que no tendríamos las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida sobre la Tierra.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Son muchas las personas que sufren de cálculos renales y, como en muchos casos, sus componentes principales son sales cálcicas, suele ser recomendado a los pacientes que restrinjan su ingesta de calcio. Sin embargo, investigaciones recientes demuestran que ello no es así, sino que un aumento de la ingesta de calcio suele reducir la incidencia de los cálculos renales. Además, usualmente nuestra ingesta de calcio es pobre, por lo que si la reducimos aún más ello conduce a una reducción en la densidad mineral ósea.

ESPACIO

Conforme se acumulan las experiencias al respecto se va confirmando que el estrés de los viajes espaciales reactiva la posibilidad de sufrir una infección vírica. En

efecto, cada vez que los astronautas son lanzados al espacio exterior son portadores de unos minúsculos polizones que son los virus que han permanecido latentes en sus cuerpos desde la infancia. Estos virus, especialmente el Epstein Barr, herpex simples y varicela son casi omnipresentes en todas las personas, pero para los astronautas tienen una importancia especial porque su sistema inmunológico queda muy debilitado como consecuencia del conocido como estrés espacial

NEURONAS REGENERADAS

Se viene estudiando la regeneración del sistema nervioso central desde hace más de 200 años y se consideraba casi un dogma que la regeneración a larga distancia era un imposible. Ahora, un grupo de científicos alemanes, trabajando sobre ratas, van a publicar sus investigaciones que demuestran que tras cortar extremos de un nervio óptico y suturarlos juntos, varios axones pudieron sortear los obstáculos y tras la correspondiente regeneración formar conexiones funcionales con la corteza visual cerebral.

LA POLUCIÓN ESTROGÉNICA

En los seres vivos complejos, como los humanos, han de existir complicados y delicados sistemas de intercomunicación y control entre los diversos órganos y tejidos. De ahí la importancia de nuestro sistema neuroendocrino, ya que para esa intercomunicación utilizamos como mediadoras a las señales nerviosas y hormonales. Por tanto, cualquier sustancia que pueda afectar a estas señales puede tener un peligro potencial para la salud.

Este es el caso de los que podemos bautizar como perturbadores endocrinos, que en la jerga científica son más conocidos como disruptores endocrinos, por la traducción literal de la expresión anglosajona «endocrine disruptor». Se trata de cualquier sustancia o molécula química capaz de alterar una función endocrina y con ello el equilibrio hormonal, lo que puede originar efectos adversos sobre la salud. El número de perturbadores endocrinos conocidos crece sin cesar y comprende desde sustancias usualmente presentes en el medio ambiente hasta otras muchas que, de modo más o menos controlado, se sintetizan y usan industrialmente, a veces a escala planetaria. Como para realizar su acción fisiológica una hormona debe ser reconocida previamente por un receptor proteínico determinado ello significa que la alteración puede ocurrir tanto sobre la propia hormona como sobre su receptor.

ESTRÓGENOS. Aunque cualquier sistema hormonal puede ser perturbado, la información más completa existente hasta ahora de este fenómeno se refiere al

sistema estrogénico o de las hormonas sexuales que regulan el crecimiento, desarrollo y diferenciación de los órganos sexuales femeninos. Aunque la mayor concentración de estas hormonas se da en las hembras, hay que recordar que los andrógenos y estrógenos químicamente son estructuras esteroides que se encuentran en ambos sexos, aun cuando en diferentes concentraciones. De ahí que cualquier alteración del equilibrio entre estas hormonas pueda tener unas consecuencias importantes ya que regulan o participan en un sinnúmero de diferentes e importantes procesos fisiológicos.

Aparte de los estrógenos animales existen también algunos compuestos vegetales o fúngicos naturales no esteroides que poseen actividad estrogénica: son los fitoestrógenos y los micoestrógenos. Su potencial papel fisiológico en plantas y hongos e, incluso, en los humanos (tras su ingestión), es objeto de múltiples polémicas relacionadas con su posible participación en la producción o prevención de diversas enfermedades.

Los mecanismos de actuación de las sustancias que actúan como perturbadoras endocrinas y, en concreto, como perturbadoras estrogénicas pueden ser muy variados: a) simular la acción de una determinada hormona; b) antagonizar o anular la acción de la hormona; c) modificar los sistemas bioquímicos de biosíntesis o actuación de la hormona; d) modificar la cantidad de los receptores hormonales; e) alterar el comportamiento de esos receptores, activándolos, bloqueándolos, modificando su vida media, etcétera.

CONSECUENCIAS. La capacidad de los xenoestrógenos (sustancias externas con actividad estrogénica) para interferir en las funciones de los seres vivos se sabe desde hace más de 30 años. Las consecuencias del uso masivo del DDT todos las conocemos. Sin embargo, la cantidad y variedad de estos perturbadores sigue aumentando sin cesar. Los efectos negativos de los perturbadores estrogénicos se pueden dar de modo diferente sobre el adulto, el organismo perinatal, el feto o el embrión, pero lo usual es que los efectos se manifiesten más intensamente en la progenie que en los progenitores, aunque tales manifestaciones pueden ocurrir muy posteriormente respecto al momento de la exposición.

Existe la sospecha fundada de que estos perturbadores tienen un alto grado de responsabilidad en el deterioro que se viene observando en los últimos años respecto a

la salud reproductiva humana en los países más industrializados, lo que se concreta en observaciones como las siguientes: a) caída notable de la cantidad y calidad de los recuentos espermáticos en los varones; b) menarquia (inicio de menstruación) cada vez más adelantada, en las jóvenes; c) mayores incidencias de alteraciones genitourinarias, como criptorquidia (no descenso testicular) e hipospadias (defecto congénito uretral); d) mayor incidencia de enfermedades como endometriosis o cánceres de los órganos dependientes hormonalmente (mama, ovario, próstata y testículos).

Diversas catástrofes animales debidas a contaminaciones concretas han tenido amplia repercusión. Aparte del caso ya citado del DDT, como ejemplos significativos podríamos recordar otras dos: la que afectó a la población de caimanes del lago Apopka en Florida, debida al pesticida dicofol, y las aberraciones halladas en peces, en las cercanías de diversas plantas inglesas de tratamiento de aguas residuales, ocasionadas principalmente por sustancias alquilfenólicas. En cualquier caso, en diversas especies animales se han hecho numerosas observaciones conducentes a relacionar los perturbadores endocrinos con diversos efectos encontrados. Entre ellas, se ha comprobado la disminución de la fertilidad en aves, peces, moluscos y diversos mamíferos; una menor eficacia de las incubaciones en peces, tortugas o aves; una desmasculinización o una feminización de los ejemplares machos de ciertos peces, aves o mamíferos; una desfeminización o una masculinización de los ejemplares hembras de peces, aves y otros animales; alteraciones inmunológicas en aves y mamíferos, y alteraciones tiroideas de variados peces y aves.

Dada la importancia del problema nos interesaría poder identificar la naturaleza y los procesos en que son originadas de todas aquellas sustancias que pudieran poseer estas características de perturbadores endocrinos.

CATÁLOGO. En primer lugar habría que citar a los estrógenos sintéticos ya que las industrias química y farmacéutica han desarrollado diversos estrógenos con actividad biológica que son utilizados, por ejemplo, como componentes de las píldoras anticonceptivas o de los tratamientos de terapia hormonal en la postmenopausia. Entre ellos se encuentra el conocido como DES o dietilestilbestrol. Hay que recordar que durante algunos años se usó este compuesto en la práctica ginecológica, en casos de déficit estrogénico. Pues bien, resulta que las madres tratadas con DES durante el embarazo

mostraron tener una mayor probabilidad de tener descendencia con enfermedades del tracto genitourinario, así como una mayor incidencia de cáncer de vagina.

Muchos xenoestrógenos han aparecido como consecuencia de la industrialización y de la agricultura intensiva. Así sucedió con diversos pesticidas, cuyos efectos suelen ser persistentes y acumulables. Actualmente existen más de 1.500 principios con actividad plaguicida, y en algunos de ellos se han descrito efectos estrogénicos: DDT, metoxicloro, clordecona, endosulfán, toxafeno, dieldrín, etcétera. En los países de normativas más rígidas ya no se utilizan, pero su fabricación para otros países continúa. Otros compuestos ya poco usados, pero de uso industrial en el pasado aún siguen mostrando efectos debido a su persistencia medioambiental. Así sucede con algunos utilizados como refrigerantes o aceites industriales, con moléculas poseyendo átomos de cloro en alguno de sus extremos, de los que el ejemplo más patente lo constituyen los PCB o bifenilos policlorados, algunos de los cuales muestra actividad estrogénica. También la muestran algunos derivados de alquilfenoles, bisfenoles, ftalatos o parabenos.

Por ahora, no existen datos incuestionables en los humanos sobre la posible relación causa-efecto entre exposición a perturbadores endocrinos, más concretamente, a sustancias estrogénicas y efectos indeseables causados. Una de las razones ha sido la carencia de un método sencillo para cuantificar la capacidad estrogénica de una determinada sustancia. Pero recientemente, en la revista Nature Biotechnology, se ha descrito un procedimiento analítico que podría resolver la situación. En todo caso hacen falta más investigaciones básicas y aplicadas sobre todos estos temas. Pero los datos ambientales y epidemiológicos por ahora existentes deberían obligar, mientras tanto, a los legisladores y autoridades competentes a actuar con prudencia y adoptar medidas preventivas respecto a los posibles riesgos derivados de la producción y exposición a estas sustancias estrogénicas.

ESTROGENICIDAD

¿Qué significa que una sustancia tenga actividad estrogénica?. Se sabe desde

hace mucho tiempo que, en las hembras animales, la eliminación, mediante castración u ovariectomía, de sus fuentes principales de estrógenos, conduce a la pérdida de la actividad de apareamiento por la desaparición de la fase estro del ciclo sexual. De ahí se deriva la definición de sustancia estrogénica o estrógeno para todo compuesto, de la naturaleza química que sea, sintético o no, que sea capaz de generar el estro en el animal hembra.

BISFENOLES

También dentro del vasto campo de los monómeros de plásticos y los polímeros sintéticos se han descrito algunas sustancias con actividad perturbadora endocrina. Ya en el año 1936 se citó al bisfenol-A como un xenoestrógeno. Tras un olvido de muchos años se ha redescubierto recientemente. En cuanto el bisfenil-A puede contaminar a alimentos y medicamentos, a partir de las resinas y policarbonatos usados en los recipientes con los que se comercializan esos productos. Especial atención se le ha dado a su presencia en composites y selladores usados en Odontología. En cuanto al bisfenol-F era básico en la fabricación de la baquelita. Y el bisfenol-AF, que contiene flúor, también está presente en numerosos materiales.

ALQUILFENOLES

En 1991 apareció el primer trabajo sobre la estrogenicidad de algunos alquilfenoles, en concreto el p-nonilfenol, un componente usual de los tubos de poliestireno usado en los laboratorios. Estos compuestos se fabrican intensivamente (más de 300.000 toneladas anuales de polietoxilato de alquilfenol) para ser usados, por ejemplo, como surfactantes (en formulaciones de pesticidas) o como aditivos (plásticos). Por ello no es de extrañar que se hayan señalado en altas concentraciones persistentes como contaminantes habituales de los ríos europeos.

LA ANTICRÓMICA JULIA ROBERTS

«Me pareció el modelo perfecto de mujer para el nuevo milenio». Esta fue la impresión que, tras serle presentada por un médico, amigo común de ambas, le causó Erin Brockovich a Carla Santos Shamberg, copropietaria de la productora cinematográfica Jersey Films.

Por ello, pronto comenzaron los pasos para el rodaje del filme Erin Brockovich, estrenado hace poco tiempo, que se basa en la historia, iniciada en 1993 por esa mujer, no universitaria, ahogada en facturas, dos veces divorciada, con tres hijos pequeños. Como empleada de un abogado, Ed Masry, comenzaba entonces una tenaz lucha contra la gran compañía PG&E que, durante unos veinte años, procurando ocultar los hechos, había contaminado con compuestos de cromo, las aguas de un pequeño pueblo, Hinkley, en el desierto de California. El resultado fue que resultaron gravemente afectados con diversos desórdenes, incluyendo diversas formas trágicas de cánceres, varios centenares de personas. Y la justicia terminó dictando sentencia contra la compañía PG&E, con la indemnización más alta nunca concedida en los Estados Unidos, equivalente a cerca de unos trescientos cincuenta millones de euros.

EL FILME. Para dirigir el filme se escogió a Steven Doderbergh («Sexo, mentiras y cintas de vídeo») y se contó con algunos excelentes profesionales como la directora del montaje Anne V. Coates, ganadora previa de un Oscar por su labor. Entre los actores el trío principal es el formado por Peter Coyote, por Albert Finney

(abogado Ed Masry), ganador de un Globo de Oro como mejor actor, quien hace una interpretación muy creíble, y por la siempre efectiva Julia Roberts (Erin Brockovich), a quien quizá le falta algo de versatilidad interpretativa y le sobra un poco de exhibición de sus, por otra parte, muy generosos escotes. En todo caso, la Roberts logra transmitir la imagen de una mujer inmersa en una lucha judicial y social, pero que simultáneamente ha de librar otra gran batalla por intentar rehacer su vida.

El propósito del director de que el filme se ajustara a la realidad lo más posible hace que ello derive en consecuencias tanto positivas como negativas. Ese empeño se traduce en la participación de la propia Erin Brockovich en un pequeño papel, así como en el asesoramiento sobre la caracterización de Julia Roberts. También en que muchos de los extras son personas que participaron en los hechos reales o que el rodaje se realizase en el pueblo donde tuvieron lugar los acontecimientos.

CROMO. ¿Cuáles son las bases científicas del relato?. El cromo fue descubierto en 1797 por el químico francés Vauquelin, que lo denominó cromo (del griego chroma, 'color') por los diversos colores de sus compuestos, que confieren coloración a diversas gemas, por ejemplo, verde a las esmeraldas y rojo a los rubíes. En forma pura, este elemento, cuyo número atómico es el 24, es de color gris, y puede presentar un intenso brillo, ocupando el lugar 21 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Su punto de fusión es de 1.857 °C, y el de ebullición de 2.672 °C.

El cromo puede formar compuestos en los que participa con diversos grados de valencia (desde +1 a +6) y ello es muy importante en cuanto a los efectos de los mismos sobre la salud. En las sales crómicas y en la cromita, el cromo tiene una valencia de +3, pero en cromatos y dicromatos, el cromo tiene una valencia de +6. El dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) es un sólido rojo, soluble en agua; el cromato de plomo ($PbCrO_4$) es un sólido insoluble, muy usado como pigmento, llamado amarillo de cromo. El verde cromo es una mezcla de amarillo de cromo y azul prusia.

El cromo se utiliza principalmente en aleaciones con hierro, níquel o cobalto a

las que les proporciona dureza y resistencia. En los aceros inoxidables, constituye el 10% de la composición final. Debido a su dureza, la aleación de cromo, cobalto y wolframio se emplea para herramientas de corte rápido de metales. Al depositarse electrolíticamente, el cromo proporciona acabados brillantes y resistentes. Debido a ello se emplea a gran escala en el acabado de vehículos y en muchos utensilios. El amplio uso del compuesto cromita como refractante se debe a su alto punto de fusión, su moderada dilatación térmica y la estabilidad de su estructura cristalina. El cromo también está presente en diversos catalizadores importantes y sus compuestos poseen muy diversas aplicaciones industriales.

PELIGROS Y BENEFICIOS. Entonces, ¿dónde reside el peligro?. En general, la toxicidad de un metal depende de sus propiedades físicas, químicas y bioquímicas, de la naturaleza de sus compuestos, del modo de entrada en el cuerpo y de la susceptibilidad individual. Así, en el caso del cromo mientras que la forma trivalente es un micronutriente esencial, la forma hexavalente, sobre todo la inhalada, es carcinogénica y puede llegar a alterar nuestro material genético, provocando muy variadas y graves consecuencias. El cromo hexavalente puede ser un subproducto de procesos industriales, en la obtención de ciertas aleaciones y pigmentos. En general, los compuestos de cromo hexavalente son irritantes y corrosivos, pero se absorben lentamente, por lo que sus efectos crónicos, en una primera fase, frecuentemente se localizan en forma de ulceración de la piel o irritación del tracto gastrointestinal, aunque su inhalación crónica parece asociada a diversas patologías, como el cáncer de pulmón en humanos.

Afortunadamente, el paso de la forma 3 a la forma 6 no es posible en el interior del organismo humano. El cromo en forma trivalente es un elemento nutritivo presente en pequeñas cantidades (oligoelemento) en brécol, queso, carne, champiñones, levaduras, etcétera. Su necesidad e importancia se debe al hecho de que, en forma molecularmente aún poco conocida, este cromo es necesario para el adecuado funcionamiento de la hormona insulina. Mucha gente asocia la insulina tan sólo a la condición de la diabetes, pero hemos de tener presente que, en condiciones normales, la insulina es una hormona importantísima que controla no sólo la glucemia sino también nuestro metabolismo graso, proteico y energético.

El papel del cromo trivalente es tan importante que las terapias totales parentales han de ser suplementadas con unos 50 microgramos de este tipo de cromo. También, bajo control médico, los suplementos de cromo trivalente, en forma de picolinato de cromo, han demostrado ser de gran valor en el tratamiento de ciertos estados diabéticos, regulando la glucemia, la colesterolemia, metabolismo proteico, etcétera. Recientemente, también se han publicado algunas investigaciones demostrando la efectividad del suministro de pequeñas dosis de picolinato de cromo para reducir grasas y peso corporales.

Una dieta adecuada en contenido de cromo trivalente o el suministro alternativo de un suplemento es importante, ya que las necesidades diarias se estiman entre 50 y 200 microgramos, pero si la composición de la dieta es inadecuada puede ser que no se alcancen ni los 20 microgramos diarios, lo que afectará negativamente el metabolismo de esas personas.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Investigadores del Instituto de Investigación Rowett, en Escocia, han descubierto que los tomates pueden evitar la formación de coágulos que son comunes en enfermedades cardíacas y accidentes vasculares. Este efecto se debe a la sustancia gelatinosa que rodea las semillas del fruto, sustancia que posee una potente actividad antiagregante plaquetaria. En pruebas realizadas sobre voluntarios se encontró que el consumo de sólo cuatro tomates reduce la formación de coágulos en hasta un 72 por ciento y no causa hemorragias. Los investigadores creen que este hallazgo podría allanar el camino para tratamientos alternativos a los actuales.

LA INDIA ESPACIAL

A pesar de las penalizaciones impuestas a la India como consecuencia de las pruebas nucleares realizadas en 1998, su programa de desarrollo de lanzamientos espaciales continúa. En mayo del año pasado utilizó un pequeño lanzador, el

PSLV para situar en órbita cuatro pequeños satélites. En total, hasta la fecha, la India ha lanzado 30 satélites distribuidos en 13 operaciones. Ahora, se acaba de anunciar que a finales de año estará listo un nuevo avanzado vehículo espacial de lanzamiento, el GSLV. Podrá poner en órbitas geoestacionarias satélites de comunicación de hasta dos toneladas y media y será ofrecido para su uso comercial a otros países y empresas.

MÁS TITANIC

Desde que los restos del Titanic, hundido el 14 de abril de 1912, fueron descubiertos en 1985, la empresa RMS Titanic Inc. que posee sus derechos de salvamento ha realizado cinco operaciones en las que ha recuperado miles de objetos, todos ellos obtenidos en el exterior, a varios cientos de metros de los restos del buque. Esta semana comenzará una nueva operación, con participación de barcos de varios países, y cámaras, submarinistas y vehículos guiados por control remoto. La finalidad es penetrar en los restos de las bodegas del buque para recuperar las joyas y objetos valiosos que se puedan encontrar.

NAZIS, JUDÍOS Y TABACO

A la edad de 77 años falleció hace unos meses el prestigioso epidemiólogo Ernst Ludwig Wynder, a quien el mundo científico considera como el gran iniciador y apóstol de la lucha antitabaco. Sin merma de ningún mérito al Dr. Wynder, la realidad es que los efectos nocivos del tabaco fueron puestos de manifiesto, con carácter pionero, por los científicos de la Alemania nazi.

Durante los últimos 50 años de su vida la cruzada del Dr. Wynder se basó en su incuestionable afirmación de que la prevención del cáncer, renunciando al tabaco, sería mucho más efectiva que cualquier nueva forma de tratamiento de la enfermedad.

WYNDER. Nacido en 1922 en Herford, Alemania, a finales de los 30, al crecer en ese país la persecución racial, su familia y él mismo emigraron a los Estados Unidos. Tras la conclusión de la Segunda Guerra Mundial estudió medicina en la Facultad de Medicina de St. Louis, de la Universidad de Washington, donde se había instituido un buen premio de investigación, específico para sus estudiantes. Ello coincidió con la participación de Wynder en la autopsia de un paciente fallecido por un cáncer de pulmón. Interrogando a la viuda comprobó que el fallecido había fumado dos cajetillas de tabaco en sus últimos 30 años de vida. El entonces estudiante Wynder tuvo la corazonada de que existía una relación directa entre el tabaco y el cáncer de pulmón, e inmediatamente investigó las historias dispo-

nibles de 20 pacientes con esa patología, comparándolas con las de otros 20 controles. Y, a finales de 1948, pudo realizar un informe preliminar indicando que el cáncer de pulmón estaba muy extendido entre los fumadores. Desde luego, con su trabajo, Wynder obtuvo el codiciado premio de investigación.

Sin embargo, sus datos fueron acogidos con escepticismo, incluso por la Sociedad Americana del Cáncer. No se desanimó Wynder y, en menos de un año, había acumulado los datos de otros 1.000 pacientes, publicando los convincentes resultados en la prestigiosa revista médica JAMA. No había duda de que el cáncer de pulmón era 40 veces más frecuente en los fumadores empedernidos que en los no fumadores. Poco después, un grupo investigador inglés llegaba a la misma conclusión. Al finalizar su formación universitaria Wynder prosiguió sus investigaciones en el Sloan-Kettering Institute de Nueva York, hasta 1969, cuando creó su propio centro, la American Health Foundation. En 1953 demostró que los condensados de los humos del tabaco, usados para manchar la piel de ratones, poseían una fuerte acción cancerígena. Su dilatada producción científica superó las 750 publicaciones sobre la epidemiología y la etiología de los cánceres, incluyendo numerosos estudios relacionados con las conexiones entre la dieta y ciertos tipos específicos de malignizaciones.

DIFICULTADES. La trayectoria de Wynder estuvo sujeta a continuas críticas. Parte de sus colegas lo consideraban como extravagante, pues, aunque casado, era un gran «bon vivant», siempre muy cercanamente acompañado de jóvenes y bellas señoritas. Asimismo, acostumbraba a defender enfáticamente sus creencias a través de los medios de comunicación, con lo que sus detractores cuestionaban su rigor científico. Además, en 1960, hubo de tener un debate público con la Dra. Clarence C. Little, importante científica de la que se podría denominar ciencia oncológica oficial americana, descubridora de un virus tumoral mamario en ratón y defensora del origen vírico de los cánceres humanos.

Pero el problema principal fue que el Sloan-Kettering Institute estaba fuertemente financiado por las compañías tabaqueras que presionaban sobre su director, para que prescindiera de Wynder. Su crítica situación fue salvada por el apoyo recibido de otro prestigioso virólogo, el poco después Nobel Peyton Rous, quien

defendió el derecho a la libertad científica de Wynder, que se consideraba él mismo como muy alejado de la corriente principal de investigación oncológica, la del mundo reduccionista celular y molecular. Su opinión era que el mundo científico estaba demasiado extasiado con los últimos descubrimientos de la genética del cáncer, con lo que la consecuencia era perder de vista la obligación de promover la salud de las personas a través de medidas prácticas y asequibles.

LA GUERRA NAZI. Robert N. Proctor ha publicado recientemente dos libros en los que aborda diversos aspectos de la Medicina durante la Alemania nazi. El primero de ellos, editado por la Harvard University Press, tiene el título de «Racial Hygiene: Medicine under the Nazis» y analiza las relaciones de la profesión médica en los crímenes raciales nazis, incluyendo los experimentos a gran escala con humanos, principalmente judíos. El libro más reciente, editado por Princeton University Press, tiene el título de «The Nazi War On Cancer» y en el mismo se recoge el carácter precursor de la Alemania prenazi y nazi en el reconocimiento del papel de factores ambientales, entre ellos el tabaco, como causantes de los procesos cancerosos.

Ya hacia el 1900 se había estudiado en ese país el riesgo cancerígeno de diversos intermedios usados en la industria de los tintes anilínicos, de los que Alemania era el primer productor mundial. Más aún: en 1926, Alemania fue el primer país en indemnizar a los mineros de las minas de uranio que desarrollaban cánceres de pulmón. Y, en 1938, varias publicaciones alemanas, basándose en observaciones clínicas y patológicas, evidenciaban la relación existente entre el amianto y el cáncer de pulmón, es decir, 20 años antes que las investigaciones, epidemiológicas, de los Estados Unidos llegasen a resultados parecidos.

En 1939, Franz Hermann Mueller, en su disertación médica en la Universidad de Colonia, presentó un estudio epidemiológico controlado demostrativo de la relación existente entre tabaco y cáncer de pulmón, seguido de otras investigaciones similares realizadas por otros investigadores. En el año 1943, en Alemania, ya se consideraban el cáncer de pulmón y el mesotelioma como enfermedades indemnizables ocasionadas por el contacto con amianto. Ese mismo año de 1943 se creó en Jena el Instituto para la Investigación de los Riesgos del Tabaco, prohi-

biéndose el fumar en las Universidades y Centros de Salud de Jena. Más aún, en la Alemania nazi tuvieron lugar las mayores campañas antitabaco conocidas en el mundo. Ello hizo que se librasen importantes batallas entre las compañías tabaqueras y los responsables políticos nazis.

Y finalizaremos con dos constataciones. La primera, que el alto nivel de la medicina preventiva oncológica nazi adolecía de un grave pecado original: se basaba e inscribía en el contexto de su política racial asesina. De sus beneficios estaban excluidos los judíos y otros grupos raciales. La segunda constatación es que, durante muchos años, la industria tabaquera alemana ha venido gastando millones de marcos para apoyar las campañas informativas sobre los crímenes nazis dirigidas a los alemanes.

PARKINSON

En una reunión, recién celebrada, de la Sociedad Americana de Neurociencias, se ha adelantado una investigación de gran interés, que se publicará en la revista Nature Neurociences, demostrativa de que la exposición crónica a ciertos pesticidas puede ocasionar la enfermedad de Parkinson. La experiencia se ha realizado con ratas expuestas al insecticida rotenona, una sustancia de origen vegetal utilizada en jardinería, agricultura y también para capturar peces de lagos y ríos. Los investigadores suponen que los resultados obtenidos en los animales son extrapolables también a los humanos y que otros productos semejantes pueden presentar efectos similares

INFERTILIDAD

¿Están ligados el hacinamiento y la superpoblación con la infertilidad femenina, y con daños importantes producidos en los ovarios?. Estas son las conclusiones alcanzadas sobre ratones por investigadores de la Binghamton University en Nueva York. Se sabía que, incluso en humanos, el estrés puede alterar e incluso

detener la ovulación femenina, pero los datos obtenidos sobre ratones hembras indican la existencia de daños importantes en los ovarios de un 30% de las hembras sometidas a hacinamiento, con depósitos de proteínas amiloideas anormales similares a las observadas en los cerebros de los pacientes que sufren la enfermedad de Alzheimer.

ARTRITIS REUMATOIDE

Esperanzas para los afectados. Así lo señala un estudio británico con una mezcla de fármacos que incluye uno nuevo, producido por Hoffmann la Roche, el rituximab (de nombre comercial Mabthera), que actúan, eliminándolos, sobre ciertos linfocitos B, que en el caso de los enfermos afectados se cree que producen anticuerpos anormales responsables de los síntomas artríticos. Los resultados, aunque preliminares, han sido muy buenos, con mejoras importantes y más o menos permanentes en el 90% de los pacientes. Ya se está realizando un gran estudio cooperativo internacional antes de generalizar su uso.

© PACO HERNÁNDEZ

El dilema

EL DILEMA

Con sus siete propuestas de concesión para los Premios Oscar del año, el filme «El dilema» (The Insider) constituye una de las más interesantes aportaciones cinematográficas de la temporada. Lo que su director, Michael Mann, ha pretendido es «hacer un drama en el que se intenta descubrir la verdad que se esconde tras los hechos que todos conocen».

El protagonista, un personaje real, como tantos otros de los que intervienen en la trama narrada, es Jeffrey Wigand, un científico y alto ex-directivo de la compañía tabacalera Brown & Williamson (B&W, perteneciente a la multinacional British American Tobacco, la BAT). Ha sido magníficamente encarnado por Russell Crowe, quien supera interpretativamente a Al Pacino (quien encarna al periodista de investigación televisivo Lowell Bergman). La historia es reciente: En los pasados años, hasta 49 estados americanos han litigado contra la industria del tabaco, basándose en incontables y gravísimas acusaciones contra ella, de las que se pueden destacar dos. La primera es que, aun sabiendo las grandes compañías los resultados de variadas investigaciones científicas realizadas, negaran conocer los efectos nocivos de la nicotina y de otros componentes del tabaco. Así lo hicieron en una Comisión del Congreso americano, bajo juramento, los presidentes de las siete principales empresas tabaqueras. Otra acusación diferente fue la de utilizar aditivos para reforzar los efectos adictivos de la nicotina.

WIGAND-BERGMAN. Fue en noviembre de 1995 cuando el Dr. Wygand testificó en contra de B & W, en Nueva Orleans, en una acción legal emprendi-

da contra la empresa. Como es comprensible que ocurra en cualquier creación artística, en el filme «El dilema» se ofrece una dramatización demasiado simplificada de la gran batalla desigual entablada contra los poderosos enemigos, por un medio-héroe (el Dr. Wigand, de facetas complejas) y el héroe-total, interpretado por Al Pacino, quien defiende las posiciones más idealistas sobre la necesidad, el derecho o los modos de la información. Sin embargo, sin negar el papel importante juzgado por este episodio en la historia global, hubo más protagonistas en esa batalla legal, aún no finalizada, cuya suspensión les costó a las compañías tabaqueras una enorme cantidad que superó los trescientos mil millones de euros. Repasaremos en esta colaboración algunos de los aspectos científicos de la cuestión.

Desde los años 50 se tenían datos científicos confirmatorios sobre la naturaleza carcinogénica del tabaco. Incluso numerosos documentos internos científicos elaborados por las grandes industrias tabaqueras, y mantenidos secretos al público, así lo reconocían recomendando intentar producir cigarrillos menos peligrosos y carcinogénicos. Respecto al carácter adictivo de la nicotina, las multinacionales tabaqueras, hasta hace poco tiempo lo han negado, pero lo cierto es que, internamente, desde los años 60 lo conocían y, lo que es peor, lo utilizaban como un factor esencial para conseguir la fidelización de los fumadores. Para ello, ensayaron múltiples sistemas para conseguir incrementar ese carácter adictivo, aunque el tabaco contuviese dosis menores de nicotina. El caso del Marlboro es una buena indicación de ello.

CASO MARLBORO. En los 60 la compañía Philips Morris era la sexta compañía tabaquera más importante en Estados Unidos. Se vendían más del triple de cigarrillos Winston, de la competencia, que de Marlboro. Sin embargo, pocos años después, en 1978, Marlboro contaba con una cuota mundial de ventas del 20%, el mayor consumo que cualquier otra clase o marca, representando la mitad de todos los cigarrillos rubios consumidos por los jóvenes menores de 17 años. ¿Era un milagro comercial?. No, más bien se trató de un tremendo fraude científico.

La curva de incremento de ventas corrió paralela a la del incremento de la uti-

lización en la fabricación de los cigarrillos de un papel adicionado con amoniaco. Las cajetillas indicaban correctamente que el contenido de nicotina y de alquitrán era una tercera parte que el del tabaco normal. Pero ignoraban la existencia de informes científicos, mantenidos secretos, que demostraban que el mayor pH producido por la adición del amoníaco provocaba que llegase directa y rápidamente al cerebro una mayor cantidad de nicotina adictiva, mayor incluso que con los cigarrillos normales. Los consumidores permanecieron ignorantes de ello, mas no así los competidores, quienes pronto usaron técnicas análogas: Merit, Kool, etcétera.

Pero, el 12 de mayo de 1994 llegó anónimamente hasta el despacho del profesor Stanton Glantz de la Universidad de California, en San Francisco, un paquete que contenía más de 4.000 páginas de 30 años de documentos secretos procedentes de las industrias tabaqueras, fundamentalmente de B&W y su multinacional BAT. Aunque el remitente ha permanecido siempre anónimo, posiblemente podríamos enlazar esta historia con la del Dr. Wigand antes relatada. Lo cierto es que ello supuso el inicio de una serie de actuaciones y poner a la luz una gran multitud de informaciones hasta entonces secretas.

El propio Dr. Glantz, colaborando con otros científicos, en su libro The Cigarette Papers, publicado por la Universidad de California, explica el contenido de estos documentos, también disponibles en CD-ROM y en Internet (http://www.library.ucsf.edu/tobacco/). También, otras muchas organizaciones se han encargado de reunir, clasificar y ofrecer al público la gran cantidad de informes científicos existentes al respecto. De todas ellas, por su objetividad, seriedad y rigor merece la pena destacar los que se encuentran en la dirección http://www.ash.org.uk/papers/additives.html.

HOY. ¿Está hoy ya todo bien encauzado?. En absoluto. Científicamente poseemos algunos conocimientos sobre los mecanismos moleculares y genéticos de la adicción y la acción nicotínica, que son bastantes semejantes a los de la cocaína o morfina. Pero, por fijarnos sólo en un aspecto diferente, ¿qué sucede con el resto de aditivos del tabaco?. Antes de 1970 casi no se añadían aditivos al tabaco. Ahora son casi innumerables. La mayoría de ellos no son necesarios para el proceso productivo sino lo que buscan son efectos placenteros o adictivos. Por ejemplo, sólo

en la Unión Europea se pueden usar más de 600 de ellos y únicamente las empresas manufacturadoras conocen cuáles son los que realmente se utilizan, en qué marcas, y en qué cantidad. No basta con saber que tales aditivos, directamente, no son tóxicos, ya que también pueden provocar consecuencias externas indeseables o intensificar el hábito de fumar. Además en la combustión del tabaco se originan más de 4.000 sustancias químicas, muchas de ellas poco saludables e, incluso, carcinogénicas.

La conclusión es obvia: es imprescindible la existencia de un mayor control científico y legislativo sobre la manufactura del tabaco, aparte de que todos tenemos derecho a saber qué es lo que realmente contiene un producto tan peligroso, qué es adquirible y consumible libremente por cualquier persona. El calificativo de peligrosos no es gratuito. ¿Qué pensaríamos de la seguridad de los transportes aéreos si en España, cada día, se produjese una catástrofe aérea en la que muriesen todos los ocupantes de un avión de tamaño medio?. Los efectos del tabaco son peores. Este año, como todos los demás, en la Unión Europea morirán prematuramente más de medio millón de personas como consecuencia de su hábito de fumar. ¿Cuántas de esas muertes se deberán al propio tabaco y cuántas otras a los aditivos que usa la industria tabaquera, de una forma interesada y poco transparente?. Este dilema puede ser resuelto por la Ciencia y por la Ley y aunque su solución no merezca ningún Oscar el empeño bien merecería la pena.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

La preeclampsia es una de las causas más usuales de hospitalización de las embarazadas. Se da en cerca de un 10% de embarazos y está acompañada de hipertensión y proteinuria. Es una toxemia del embarazo que no alcanza la gravedad de la eclampsia, que puede llegar al coma. Una investigación coordinada por la profesora Lucilla Poston ha demostrado que las mujeres embarazadas que toman durante el embarazo suplementos de vitamina C y vitamina E reducen en un 76% los riesgos de sufrir esa patología.

EXPLOSIONES DE SUPERNOVAS

En un artículo que publica el último número de la revista Nature se indica que durante la vida de nuestra Galaxia, la Vía Láctea, han tenido lugar más de 100 millones de explosiones de supernovas, que han enriquecido la Galaxia con el oxígeno que respiramos, el calcio de nuestros huesos, el hierro que usamos en nuestra civilización o los silicatos presentes en la corteza terrestre. También han condicionado el nacimiento de nuevas estrellas y de los rayos cósmicos. Cada supernova se asocia a la tremenda energía que representarían unos 25.000 billones de billones de toneladas de TNT.

DAÑOS SOLARES

Investigadores alemanes y holandeses, en el último número de la prestigiosa revista PNAS indican la forma de usar una enzima protectora contra los daños causados por los rayos UV-B solares que llegan y atraviesan nuestra piel, dañando los genes de nuestras células, lo que contribuye a la aparición de ciertos cánceres. En organismos primitivos existe una enzima, la fotoliasa, que consigue reparar muchos de esos daños. Una enzima semejante también se ha encontrado en los seres superiores. De forma práctica se ha comprobado que la aplicación de una loción conteniendo la fotoliasa de plancton reduce un 50% los daños causados sobre el ADN por los rayos UV-B.

¿QUIERE ARRUGAR SU PIEL?: ¡FUME!

Por estas fechas en las que, con motivo del aniversario de la muerte de Cervantes, anualmente se celebra el Día del Libro, podríamos recordar la recomendación epistolar que sobre la importancia del cuidado de la apariencia le hacía D. Quijote a Sancho Panza, gobernador de la isla de Barataria: «Vístete bien; que un palo compuesto no parece palo».

En nuestro aspecto externo, la piel es nuestro órgano más visible y el que mayor papel juega en relación con nuestro entorno sicosocial. De ahí la importancia de intentar que conserve un aspecto joven y con las menores arrugas posibles. Recordemos, además, que es el mayor órgano, en tamaño, del cuerpo, representando en el adulto unos dos metros cuadrados y un peso de 3 ó 4 kilos. Dentro de su compleja estructura se distinguen 3 zonas principales: epidermis, dermis y tejido subcutáneo. La epidermis, más externa, a su vez está estratificada en 4 capas, constituyendo la externa el estrato córneo, con células muertas destinadas a ser desechadas. El estrato córneo actúa de barrera retentiva del agua y protectora contra la entrada de tóxicos y microorganismos. La segunda capa es la granular, la tercera la espinosa y la cuarta la basal, con células en continua división que migran hacia la superficie para reemplazar las continuas pérdidas producidas por descamación.

RENOVACIÓN. Para la conservación de una piel lo más fresca posible es muy importante que el proceso de la renovación celular de las células de nuestra piel se realice adecuadamente. Los procesos de división celular permiten la obtención

de dos células iguales descendientes de una progenitora. Pero este proceso no tiene lugar de un modo indefinido. Cuando en el laboratorio se realizan cultivos celulares en medios de cultivo que permiten la división celular, se puede comprobar que, dependiendo de la naturaleza de las células, el número de sus divisiones celulares consecutivas es limitado, conduciéndolas hasta una situación final de senescencia y muerte, en un proceso en el que concomitantemente se va acortando unos extremos cromosómicos denominados telómeros. Las células de la piel normales suelen llegar a la senescencia tras unas 60 divisiones.

Continuamente tenemos que eliminar externamente las células viejas e inservibles de nuestra piel, fundamentalmente mediante la descamación, pero simultáneamente hemos de ir sustituyéndolas por otras células jóvenes situadas más internamente. El 80% de la composición de la piel es colágeno, una proteína fibrosa muy característica y estudiada, del tejido conectivo, de gran protagonismo en la estructura fibrosa de la matriz extracelular que se ha de desmoronar para permitir el proceso de eliminación celular pero que se ha de reconstruir en el proceso de formación de nuevas células. Ello significa que en el fenómeno dinámico de renovación celular de la piel el metabolismo del colágeno ha de tener una gran trascendencia.

TABACO. Aparte de otros muchos efectos negativos del tabaco, por todos conocidos, hace bastantes años que múltiples estudios vienen señalando la existencia de una relación directa entre el tabaco y un acelerado envejecimiento de la piel y una mayor aparición de arrugas.

La acumulación anormal de fibras elásticas se denomina elastosis. El sol provoca elastosis solares ubicadas en la dermis externa, pero en el caso de los fumadores se dan las elastosis tabáquicas, con aparición de fibras elásticas anormales en la dermis interna. Diversos componentes del tabaco pueden afectar otros aspectos fisiológicos de la piel, por ejemplo, la nicotina, que reduce el flujo sanguíneo capilar y arteriolar en la piel, dañando el tejido conectivo y favoreciendo el típico aspecto cetrino que suele tener el fumador.

El daño en el tejido conectivo podría ser la causa del favorecimiento de las arrugas faciales que, desde los años 70, vienen señalando la mayoría, aunque no todas, de las investigaciones realizadas sobre la relación tabaco y arrugas. Una de

ellas es el conocido como Estudio Osterbro, publicado en 1991, realizado en Dinamarca sobre unas 4.500 mujeres y 2.500 hombres, confirmativo de dicha relación. Otras investigaciones han llamado la atención de la acción multiplicativa que sobre las arrugas ejercen los efectos combinados de tabaco y sol. En España también se han realizado investigaciones de este tipo, sobre todo en el departamento de Obstetricia y Ginecología del Hospital Clínico de Barcelona, sobre mujeres posmenopáusicas, con el resultado de que el riesgo de las arrugas faciales es más alto en las fumadoras y que la terapia hormonal sustitutiva usada en el tratamiento de la menopausia no disminuye ese riesgo.

A pesar de todo lo anterior, lo cierto es que, hasta ahora, se desconocían los mecanismos íntimos que pudieran relacionar entre sí al tabaco con el envejecimiento de la piel o las arrugas. Un grupo de investigadores japonés de la Facultad de Medicina de Nagoya ha sido el primero en descubrir algunos de estos mecanismos.

METALOPROTEINASAS. Las metaloproteinasas de matriz (MMP) son un grupo de enzimas de gran actualidad científica que, en general, catalizan la degradación de la matriz extracelular, esa especie de cemento fluido que mantiene a las células en sus lugares correspondientes y que permite su intercomunicabilidad. El papel biológico de estas enzimas hidrolíticas de proteínas es esencial por su capacidad de ruptura del colágeno y de otras proteínas que conforman el tejido conectivo, lo que hace posibles importantes consecuencias como: la remodelación continua de nuestros órganos y tejidos, y de nuestro cuerpo durante todo el desarrollo embrionario o permitir la emigración de las células a lugares donde sean necesarias; por ejemplo, las células del sistema inmune para luchar contra ataques externos, o las células que taponarán y repararán una herida. Por ello, en los vertebrados como el hombre, las MMP se expresan principalmente en las células del tejido conectivo y en las células de la médula ósea.

En el último número de la revista Archives Of Dermatological Research, el Dr. Akimichi Morita y sus colegas japoneses han demostrado que el tabaco altera el proceso de renovación de las células de la piel al afectar al metabolismo del colágeno mediado por esas enzimas metaloproteinasas. Mediante una máquina fuma-

dora recogieron el humo de los cigarrillos en una disolución y comprobaron que las sustancias presentes en la disolución tenían un doble efecto sobre los cultivos de células de la piel productoras de colágeno. El primero de ellos es que se producían unas cantidades mucho mayores de enzimas MMP degradativas, es decir, que los componentes del tabaco aceleraban el proceso normal de destrucción de las células. El segundo efecto fue que el tabaco también ocasionaba una fuerte reducción del más del 40% en la producción renovadora de colágeno por las células. Y cuando mayor era la exposición mayores fueron las consecuencias encontradas.

Por tanto, se puede establecer una relación temporal sucesiva entre tabaco, productos de su combustión, incremento anormal degradativo de las células de la piel, menor colágeno, disminución anormal de la renovación de las células de la piel, arrugas y envejecimiento de la piel. Con una clara conclusión final: si quiere arrugar su piel, fume lo más posible.

CLONACIÓN REJUVENECEDORA

En el último número de la revista Science se publica una interesante investigación fruto de la colaboración de equipos científicos ingleses, americanos y canadienses. Han trabajado con células procedentes de vacas clónicas, estudiando la edad de las células, basándose en la longitud de los telómeros de sus cromosomas (que guarda una relación inversa con la edad). La conclusión es clara, aunque aún no se conocen las causas: las células procedentes de seis vacas clónicas son más jóvenes que las de las vacas normales de igual edad fisiológica, llegando en algunas ocasiones a ser más jóvenes que las células de terneras recién nacidas.

AISLAMIENTO/SUPERCONDUCCIÓN

En la misma revista anterior los científicos de la compañía Bell demuestran haber conseguido lo que era un sueño en la tecnología electrónica. Han creado una «válvula» eléctrica que puede servir para seleccionar entre las dos propieda-

des electrónicas de un material: aislante y superconductor. Para lograr la situación de superconductor no es necesario realizar superenfriamientos, sino que han usado un sistema electrónico denominado transistor de efecto campo. La nueva técnica permitirá integrar componentes superconductores en la tecnología electrónica actual.

CONTAMINACIÓN

El cadmio es un metal pesado muy contaminante, que se ha relacionado con sus efectos cancerígenos, daños renales y debilidad ósea. Muchos pigmentos inorgánicos usados en la coloración de vidrios o cerámicos con tonalidades amarillo brillante, naranja o roja. Por ello, a través del procesado de residuos e incineraciones, pueden pasar a la atmósfera este peligroso contaminante. En la revista Nature de esta semana científicos alemanes del Max-Planck Institute proponen una alternativa de uso de pigmentos sin cadmio obtenidos a partir de los materiales inorgánicos conocidos como «perovskitas» que podrían ser empleados para colorear cristales, cerámicas y plásticos de alto punto de fusión.

OXÍGENO, FUENTE DE VIDA Y DE MUERTE

Hace 17 años que se estrenaba, con gran éxito, el filme Nunca Digas Nunca Jamás. En el mismo, James Bond protagoniza una conversación de este tipo: «Demasiados radicales libres, ese es su problema» / «¿Radicales libres, señor?» / «Si, ellos son toxinas que destruyen el cuerpo y el cerebro, causados por comer demasiada carne roja y pan blanco y también por demasiados Martinis secos» / «Entonces, dejaré de tomar pan blanco, señor».

Al margen de esta nota de humor anglosajón, lo cierto es que los radicales libres tienen su origen en el oxígeno, el gas que necesitamos para respirar y vivir, componente esencial del aire. Joseph Priestley (1733-1804), gran teólogo, pensador y político liberal, era sobre todo un excelente científico, que aparte del propio oxígeno, descubrió el nitrógeno, el amoníaco, el monóxido de carbono, el ácido sulfhídrico, el anhídrido sulfuroso y el tetrafluoruro de silicio. Priestley, en 1775, afirmaba: «Un moralista, al menos, puede decir que el aire que la naturaleza nos ha proporcionado es tan bueno como nosotros merecemos».

Entonces, ¿es bueno o es malo el oxígeno?, ¿qué relación tiene el oxígeno con la vida y sus consecuencias sobre los seres vivos?. Ante todo, debemos conocer que la Tierra ha estado carente de oxígeno la mayor parte del tiempo transcurrido desde su formación. A pesar de ello, hace unos cuatro mil millones de años, favorecida por la intensa radiación solar que bombardeaba su superficie y por diversos fenómenos estimuladores de la llamada evolución prebiótica, aparecieron las pri-

meras formas primitivas de vida, anaerobias, en ausencia de oxígeno, basadas en la transformación de sustancias como sulfuros, nitritos o alcoholes.

EVOLUCIÓN. Y hace unos dos mil quinientos millones de años sucedió algo trascendental. Ello fue que unas algas, todavía muy abundantes hoy día, las algas azul-verdes, adquirieron la capacidad de usar la fotosíntesis, la energía solar, para romper las moléculas de agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se usó para efectuar reacciones de reducción, mientras que el gas oxígeno era liberado a la atmósfera. Sin duda, constituyó el ejemplo más tremendo de contaminación ambiental de la historia de la Tierra. Porque el oxígeno era muy reactivo y destruía rápidamente a las formas vivas existentes.

Por ello, los organismos anaerobios tuvieron que morir, retirarse a ambientes anaerobios o adaptarse. Transcurridos mil millones de años el oxígeno ya suponía el 1% del contenido atmosférico. Hace 500 millones de años el nivel de oxígeno atmosférico alcanzó el 10%. Y ha seguido aumentando hasta que hace unos 5 millones de años, coincidente con la aparición de los homínidos, se llegó a la actual proporción del 21%. Comenzaron a desarrollarse células más complejas con núcleos (eucariotas), y algunas de ellas y de las algas azul-verdes evolucionaron hasta la forma de plantas de hojas verdes. Las bacterias anaerobias de hoy día, que mueren en ambientes oxigenados o, al menos, cesan su desarrollo, son las descendientes de aquellas que hubieron de afrontar la nueva situación y buscar otros entornos más favorables. Las podemos encontrar en entornos no muy saludables: en el colon de los mamíferos, en los alimentos podridos, en las heridas infectadas, en la placa dental, profundamente bajo la tierra, etcétera.

OXÍGENO. Otros organismos supieron adaptarse mucho mejor: aprovecharon la presencia del oxígeno para usarlo y desarrollar nuevas vías metabólicas, energéticamente más eficientes que las existentes hasta entonces. Es decir, para realizar la combustión biológica controlada de nutrientes químicos aprovechando la energía obtenida en el proceso para producir ATP, la moneda energética universal. Para comprender la trascendencia de esta estrategia basta con saber que si partimos del azúcar glucosa, para la misma cantidad inicial de la misma, su catabolis-

mo aerobio produce más de 15 veces el ATP que el anaerobio. Y los eucariotas y procariotas capaces de reducir el oxígeno hasta agua se desarrollaron hasta convertirse en organismos multicelulares, con órganos y tejidos, apareciendo los animales.

El aire disuelto en agua posee más porcentaje de oxígeno (34%) que el aire seco (21%), debido a que el nitrógeno, el principal componente del aire, es muy poco soluble en agua. La solubilidad del oxígeno en agua es vital para la supervivencia de los organismos marinos, pero también es esencial para realizar las funciones respiratorias humanas, ya que es así, disuelto, como ha de cruzar los alvéolos pulmonares y alcanzar a la hemoglobina que lo llevará hasta las más recónditas células corporales. En disolventes orgánicos es más soluble que en agua, lo que explica su posible alta presencia en ambientes más lipofílicos como podrían ser los interiores de las membranas celulares

TOXICIDAD. Las concentraciones altas de oxígeno, por sí solas, son tóxicas, como se ha demostrado en diversos modelos animales. En ratas pueden conducir a parálisis convulsivas y a severos daños pulmonares. En hámsteres viviendo en atmósferas con un 70% de oxígeno se producen diversos daños testiculares. Y en conejos de Indias se afecta la producción de células rojas. Los niños prematuros situados en incubadoras con más de un 21% de oxígeno tienen un mayor riesgo de daños retinales (fibroplasia retrolental). Y en un adulto sometido más de 6 horas a la inhalación de oxígeno puro suelen ocasionarse daños alveolares.

Los americanos Gerschmann y Gilbert fueron los primeros (1954) que propusieron que los efectos dañinos del oxígeno se debían a los llamados radicales libres oxigenados producidos como consecuencia de las reacciones en las que participa el oxígeno. Del oxígeno que respiramos un 85-90 % es transportado por la hemoglobina de la sangre hasta los diversos tejidos y células, en los que penetra hasta las mitocondrias, donde ejerce su efecto oxidante a través de la llamada cadena respiratoria ubicada en la membrana interna mitocondrial. La hemoglobina, en forma de oxihemoglobina, transporta al oxígeno, y ello favorece la formación de ciertos radicales libres. Lo mismo sucede en el transcurso de las decenas de reacciones de oxidación / reducción que tienen lugar en las mitocondrias. En

cuanto al 10-15 % de oxígeno respirado restante se usa en varias reacciones de oxidación no enzimáticas, pero principalmente en las enzimáticas catalizadas por diversas enzimas oxidasas y oxigenasas, que también se ven acompañadas de la producción de radicales libres oxigenados.

Ante esta situación, estando íntimamente ligada la producción de radicales libres oxigenados con los procesos vitales, ¿podemos conocer, controlar y reducir las concentraciones de estos radicales libres oxigenados?. En el próximo artículo trataremos de este aspecto. Y como una de sus diversas aplicaciones prácticas útiles, en la siguiente colaboración nos ocuparemos de un punto de gran utilidad en esta época veraniega: cómo, mediante la ingesta de ciertos componentes alimenticios podemos combatir eficazmente los efectos perjudiciales que ejerce la radiación solar sobre la piel envejeciéndola rápidamente y provocando la aparición de diversos procesos malignos, entre ellos los terribles melanomas.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Una ingesta adecuada de folato puede reducir el número de niños que nacen con defectos en el tubo neural (espina bífida). También disminuye el nivel sanguíneo del aminoácido homocisteína, que es un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares. Asimismo reduce el riesgo de desarrollar cáncer de colon. Por ello, desde hace algún tiempo, en Norteamérica los alimentos basados en los cereales se están fortificando con la adición de ácido fólico. Sin embargo, tal como se expresaba recientemente en la revista New England Journal of Medicine, muchos científicos piensan que esa práctica no debía generalizarse porque la alta ingesta de folato puede enmascarar anemias por déficit de vitamina B12.

ALCOHOL Y TABACO

Esta combinación es peligrosa. El gen p53 en condiciones normales controla el crecimiento de las células y ayuda a que los sistemas celulares reparen los

daños en el ADN relacionados con la aparición y desarrollo de cánceres. Por ello, las mutaciones en ese gen p53 favorecen las malignizaciones. En la revista Cancer Research acaba de aparecer una investigación realizada sobre pacientes con cánceres de pulmón que demuestra que el humo del tabaco induce tales mutaciones y que en los fumadores también bebedores el número de mutaciones genéticas se duplica debido al efecto combinado de tabaco y alcohol.

MARTE ACUOSO

La sonda espacial Global Surveyor entró en órbita marciana el 1 de abril de 1999 y está enviando a la Tierra datos muy valiosos sobre ese planeta. En el próximo número de la revista Science se incluirá un artículo en el que se analiza la existencia de indicios sugerentes de la existencia de efectos del agua en la superficie de Marte. De confirmarse la existencia del agua ello podría facilitar la futura colonización del planeta ya que podría usarse para descomponerla en oxígeno e hidrógeno, usables como combustibles de los cohetes y, en el caso del oxígeno, para la respiración.

LOS RADICALES LIBRES OXIGENADOS

Afamado médico, alquimista y naturalista suizo del siglo XVI, Philippus Aureolus Teophrastus Bombast von Hohenheim (1493-1541) se consideraba, acertadamente, superior a Aulio Cornelio Celso, escritor romano del siglo I y autor del más utilizado texto de Medicina usado durante el Renacimiento. Consecuente con tal autoapreciación adoptó para sí mismo el nombre de Paracelso (más allá de Celso).

Paracelso fue un médico itinerante por casi toda Europa y Oriente Medio. Se anticipó a muchos de los descubrimientos de la Medicina posterior, descubriendo las causas del bocio y el uso de compuestos de mercurio para tratar la sífilis. Negó, aunque era creencia general, que los malos espíritus fuesen la causa de la silicosis, cuyo origen, acertadamente, fijó en la inhalación de sustancias extrañas. Tuvo el coraje de oponerse a las teorías astrológicas, tristemente creídas por muchos, incluso en la actualidad, que ligan la salud humana con las posiciones de los astros. Entre sus aciertos figuró la defensa de la necesidad de la observación para el avance de la ciencia, aunque posiblemente el mayor acierto fue su afirmación de que los procesos vitales eran de naturaleza química y que los remedios también debían ser de la misma naturaleza: «Todas las sustancias son venenosas: no hay nada que no sea un veneno. La dosis adecuada es lo que diferencia a un veneno de un remedio».

RADICALES. Los radicales libres y más concretamente los radicales libres oxigenados son un excelente ejemplo de la realidad de ese juicio. En el artículo titu-

lado analizábamos el papel imprescindible del oxígeno en la vida de los seres aerobios como el hombre. Todos nuestros procesos vitales se basan en el oxígeno, en su transporte desde los pulmones a las células mediante la hemoglobina y a su utilización como oxidante, en las mitocondrias, para obtener energía. Y ello, indefectiblemente, va acompañado de la aparición de radicales libres. Estos radicales libres son producidos continuamente en variadas reacciones y sistemas. Y pueden ser, de acuerdo con las expresiones de Paracelso, «venenos» o «remedios». Todo depende de sus dosis. Los utilizamos, con fines beneficiosos, cuando nuestro sistema inmunitario los produce en abundancia para destruir a enemigos invasores de nuestro cuerpo como virus y bacterias. Pero, cuando sobreabundan, son capaces de ocasionar grandes daños a nuestros genes, proteínas, hidratos de carbono o lípidos. Por ello, para conseguir regular sus dosis, nuestras células disponen de mecanismos biológicos específicos. Como también los poseemos para intentar reparar sus efectos perjudiciales. Pero este difícil equilibrio puede alterarse y ello está en el origen de muy numerosas patologías e, incluso, de procesos como el del envejecimiento. Por tanto, nos interesa conocer lo más posible sobre la producción de los radicales libres, su regulación y la posible anulación de sus efectos mediante los remedios adecuados.

CLASES. Usando términos científicamente clásicos los átomos constituyentes de la materia poseen un núcleo central (que posee neutrones neutros y protones cargados positivamente) rodeado de electrones que lo orbitan. Los electrones suelen asociarse en parejas, «están apareados». Un radical libre se trata de una especie (átomo, molécula, ion, etcétera) con existencia propia, que posee uno o más electrones no apareados. En general, los radicales libres son muy reactivos y pueden anular su naturaleza de radicales reaccionando con otras moléculas que no presentan electrones no apareados que, a su vez se convertirán en radicales. Ello hará que se produzcan una serie de reacciones en cadena.

Cuando una molécula de oxígeno actúa biológicamente como oxidante, en el transcurso de su mecanismo de reacción puede dar origen a tres entidades muy reactivas: una molécula y dos radicales libres. La molécula es parecida a la del agua, H_2O, pero con otro átomo adicional de oxígeno, H_2O_2, peróxido de hidró-

geno, constituyente del agua oxigenada, cuya gran reactividad todos conocemos. Uno de los radicales es el anión superóxido que es como una molécula de oxígeno diatómico, O2, pero con un electrón adicionado. El otro radical es el hidroxilo, compuesto de un átomo de hidrógeno unido a otro de oxígeno que presenta un electrón no apareado. Entre las especies oxigenadas se pueden dar diversas reacciones que hacen desaparecer y aparecer otras formas radicales. La presencia de iones metálicos (de hierro, cobre, etcétera) acelera la producción de radicales libres y también ocurre ello con diversas radiaciones como las UV presentes en los rayos solares. Hay, asimismo, diversas enzimas que usan oxígeno y directamente producen radicales. En el cuerpo humano, por otra parte, existen moléculas autooxidables capaces de producir radicales. Por ejemplo, el hierro ferroso de la hemoglobina se une al oxígeno para formar la oxihemoglobina. Una porción de esta proteína puede convertirse, normalmente, en metahemoglobina (con hierro en forma férrica) con la liberación simultánea de anión superóxido.

ESTRÉS OXIDATIVO. Innumerables patologías y procesos degenerativos se han asociado en estos últimos años a los radicales libres. Como punto de partida obligado debemos admitir que los radicales libres se forman en grandes cantidades en el transcurso de casi todas las enfermedades humanas ya que, posiblemente, algún grado de estrés oxidativo está siempre asociado a cualquier enfermedad. Pero ello no significa obligatoriamente que los radicales libres sean la causa de la enfermedad ni siquiera que contribuyan a la misma de un modo determinante.

En cualquier caso la reducción del riesgo de estrés oxidativo es un objetivo positivo. Entre los agentes que favorecen ese estrés oxidativo podemos incluir algunos como los siguientes: humo del tabaco, asbestos, iones metálicos, contaminantes atmosféricos, radiaciones, alcohol, o drogas diversas como cocaína, adriamicina, acetaminofeno o el herbicida paraquat. Y, desde luego, en algunos desórdenes se ha podido demostrar que el estrés oxidativo posee una contribución muy importante: daños tisulares inducidos por las radiaciones ionizantes, enfermedades hereditarias con deficiencias en enzimas antioxidantes de defensa, alteraciones en la absorción intestinal de grasas (y de vitamina E) producto-

ras de desórdenes neurológicos, retinopatías en prematuros, enfermedad de Wilson, hemocromatosis idiopáticas, acción de radiaciones ultravioleta (cataratas, daños en la piel). Y, de un modo a veces claro y en otros poco conocido, los radicales libres, están relacionados con los procesos cancerosos, cardiovasculares, isquémicos (infartos, shock), aterosclerosis, artritis reumatoide, inflamaciones gastrointestinales, enfermedades neurológicas degenerativas, cataratas, etcétera.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Muchos alimentos contienen vitaminas y elementos antioxidantes con especificidades individuales antirradicales libres: vitamina E, vitamina C, vitamina A, nicotinamida, carotenos, licopeno, riboflavinas, selenio, cobre, zinc, cobre, manganeso, etcétera. No existe evidencia directa de que el consumo de más antioxidantes prolongue significativamente las expectativas de vida, pero sí existen datos razonables de que el consumo elevado de frutas y vegetales disminuye la incidencia de algunos cánceres y enfermedades cardiovasculares. Por ello, sería adecuado tomar diariamente al menos cinco servicios o porciones de estos alimentos así como reducir la ingesta global de grasas y carnes rojas.

ENZIMAS

Nuestro organismo dispone de diversos mecanismos enzimáticos para controlar la cantidad y efectos de los radicales libres. La enzima superóxido dismutasa se presenta en varias formas reconvirtiendo los aniones superóxido en peróxido de hidrógeno. Las enzimas catalasas y peroxidasas en su actuación eliminan al peróxido de hidrógeno. La enzima glutatión reductasa reduce el glutatión oxidado a reducido. Este último, a su vez, a través de diversos mecanismos y enzimas, puede actuar como antioxidante frente a la metahemoglobina, el ADN dañado, etcétera.

REPARACIONES

Una vez que los radicales libres producen su efecto negativo también existen mecanismos celulares para reparar los daños. Los efectos sobre el ADN de nuestros genes pueden ser variados. Por ello existen diversos sistemas enzimáticos específicos de reparación para los mismos. Las consecuencias de la actuación de los radicales libres sobre las proteínas también son químicamente diversas conduciendo a su anormalidad. Nuestras células disponen de sistemas enzimáticos especiales para reconocer a las proteínas anormales y proceder a su destrucción intracelular. En cuanto a los lípidos y su peroxidación («enranciamiento») ocasionada por los radicales libres, también se han descubierto enzimas especiales glutatión peroxidasas capaces de eliminar a los ácidos grasos peroxidados.

© PACO HERNÁNDEZ

FILTROS SOLARES: ¿PROTEGEN?

Una crema con un factor de protección 60 no suele proteger 4 veces más contra las radiaciones ultravioleta (UV) solares que otra crema cuyo factor de protección sea de 15. Y, en condiciones usuales de utilización, la aplicación de una crema con factor de protección 15 no significa que, para sufrir el mismo daño que sin crema protectora, se necesite un tiempo de exposición solar 15 veces superior.

Más aún, la presencia de vitamina C o E, antioxidantes, a pesar de lo que se indique en la publicidad, tampoco suele ser de gran ayuda para la protección. Por otra parte, durante muchos años, se ha usado ácido para-amino-benzoico (PABA) como componente activo de los protectores solares para conseguir la filtración y mitigación de las radiaciones UV. Pero resulta que, aparte de manchar la ropa y producir reacciones alérgicas, en un apreciable porcentaje de personas, existen datos que demuestran un cierto carácter carcinogénico del PABA. Otro hecho: el bronceado obtenido gracias a una loción bronceadora no proporciona ninguna apreciable protección contra la radiación ultravioleta. Sin embargo, los diversos postulados anteriores, enunciados de forma positiva, acostumbran a ser considerados como ciertos y los fabricantes de los productos protectores, por el contrario, ignoran algunas consideraciones científicamente bien establecidas. Resumamos la situación.

RAYOS UV. La radiación solar se compone principalmente de radiación electromagnética, con un amplio rango de longitudes de onda. La porción infrarroja, la de

mayor longitud de onda, entre los 750 y un millón de nanómetros (un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro), es la que nos proporciona calor. La radiación visible es la comprendida entre los 400 y 750 nm., mientras que la de menor longitud de onda, desde 100 a 400 nm., es la radiación ultravioleta (UV), imperceptible para nuestros sentidos. La radiación UV se distribuye en UVC (100-290 nm.), UVB (290- 320 nm.) y UVA (320-400 nm.). La mayor parte de la radiación que alcanza la Tierra es visible y sólo del 2 al 3% es de tipo ultravioleta.

La energía de una radiación electromagnética es inversamente proporcional a su longitud de onda. Sin embargo, en su trayecto hasta la Tierra, la UVC, la de mayor energía, es absorbida por el ozono y el vapor de agua de la atmósfera, por lo que no suele alcanzar la superficie terrestre. En cuanto a los rayos UVB, penetran menos profundamente que los UVA en nuestra piel ya que, aunque más energéticos que éstos, al tener menor longitud de onda su difracción y dispersión es mayor, aparte de que la epidermis posee una alta concentración de moléculas cromóforas específicas que interaccionan con los UVB. Por ello, en la raza blanca alcanzan la dermis aproximadamente un 15% de los UVB incidentes y un 55% de los UVA.

PIEL. Desde fuera hacia dentro, en nuestra piel se distinguen 3 zonas principales: epidermis, dermis y tejido subcutáneo. La epidermis, a su vez, se estratifica en 4 capas, de las que la más externa actúa como barrera retentiva del agua y protectora contra la entrada de tóxicos y microorganismos. En cuanto a la dermis, proporciona a la piel su fuerza y elasticidad, conteniendo diversas proteínas estructurales tales como colágeno y elastina. El colágeno es el principal componente de la dermis y representa el 72% del peso seco (todas las sustancias excepto el agua de la piel). Por ello cualquier daño que puedan sufrir, tanto el colágeno como la elastina, repercute negativamente sobre la integridad estructural de la piel, agrietándola, favoreciendo la existencia de arrugas, es decir, envejeciéndola.

Las radiaciones, aparte de su naturaleza ondulatoria también poseen una característica corpuscular. Los corpúsculos de luz son los fotones. Al incidir sobre la piel, la mayoría traspasan la epidermis, hacia la dermis, atravesando las sucesivas capas celulares, hasta que se disipa su energía. Algunos fotones son absorbidos, es decir, que interaccionan con moléculas específicas, como la melanina,

nuestro pigmento protector. Otros fotones son dispersados a lo largo de su camino, cambiando su trayectoria. Finalmente, un cierto número de fotones son reflejados, bien al llegar a la superficie externa de la piel, o al alcanzar la epidermis o la dermis, siendo los responsables del color de la piel, uno de cuyos componentes principales es el pigmento melanina de las células melanocíticas situadas en la parte interna de la epidermis. La biosíntesis melánica resulta estimulada por la radiación solar. De ahí el carácter protector de la piel oscura o bronceada.

Al incidir la luz UV sobre los componentes celulares se dañan muchos de ellos. Ante la agresión los capilares de la dermis se dilatan, aumentando el contenido sanguíneo y el enrojecimiento que caracterizan a las quemaduras solares o eritemas. Los rayos UVA, menos energéticos, pero más penetrantes, tienden a originar eritemas tempranos, inmediatamente tras el comienzo de la exposición, eritemas que comienzan a disminuir unos 30 minutos tras finalizar esa exposición. Los rayos UVB, más energéticos, provocan eritemas retardados o quemaduras, que aparecen unas horas tras finalizar la exposición y que perduran durante unos días. El papel de los aceites bronceadores es el de alisar la superficie de la piel, por lo que se disipan menos rayos, siendo mayor la proporción de éstos que penetran, facilitando el bronceado.

FILTROS SOLARES. Entre los numerosos componentes celulares que se dañan por acción de los energéticos rayos UV se encuentra el ADN, nuestro precioso material genético, lo que provoca la aparición de diversos cánceres de piel, entre ellos el más temido, el melanoma maligno, cuya incidencia y mortalidad está en aumento en todo el mundo, debido al cambio de los hábitos de vida, mayor exposición al sol, más actividades deportivas exteriores y, además, a la destrucción de la capa de ozono atmosférico filtrante de los rayos UV.

De ahí, la necesidad de usar protectores solares. Las sustancias químicas que se usan en los protectores solares son moléculas orgánicas que interaccionan con los fotones UV. Por ello, actúan como filtros de las radiaciones, reduciendo los daños y retrasando las quemaduras y el bronceado. Su eficacia se mide por su factor de protección (FP), relativamente normalizado oficialmente, de modo que un FP de 15 significaría teóricamente que, comparado con la ausencia del protector,

se necesitaría 15 veces de tiempo de exposición para producir el mismo daño. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, para establecer ese número, en los laboratorios se realizan los ensayos aplicando una cantidad de dos miligramos por centímetro cuadrado, mientras que la cantidad de crema aplicada por un bañista o deportista normal se corresponde a cifras bastante menores. Además, su efecto se reduce pronto con el tiempo, por lo que deben reaplicarse de nuevo cada pocas horas. Más aún, los factores de protección muy altos tienen un valor muy relativo. En ellos, 60 no suele ser 4 veces 15.

Por tanto, úsense adecuada y repetidamente los protectores solares. Pero, téngase presente que el mejor protector solar es llevar puesta una buena camisa y proteger el resto del cuerpo de la acción directa del sol.

VITAMINAS

Numerosos productos cosméticos, entre ellos bastantes protectores solares, muchos de ellos con altos precios, acuden al reclamo de la adición de vitaminas A, B, C, E..., y un largo etcétera, alegando un pretendido efecto positivo para la piel. ¿Es verdad?. No. En cuanto a las antioxidantes lo cierto es que la oxidación representa sólo un muy pequeño porcentaje de los daños por rayos UV. Respecto a todas ellas, no hay pruebas válidas que demuestren que las vitaminas, siquiera en forma tópica puedan penetrar en la piel. En animales de experimentación o pruebas de laboratorio, no realizadas con piel humana, para obtener efectos favorables se utilizan concentraciones muy superiores a las presentes en los productos cosméticos.

VIDRIO

La antigua costumbre de tomar el sol en un mirador o invernadero, tras los cristales de las ventanas, tiene su fundamento científico. El vidrio es un excelente absorbedor de las radiaciones UV. Por ello, los conductores habrán observado que,

en verano, en un coche que disponga de aire acondicionado que permita mantener las ventanillas cerradas, se puede conducir durante horas exponiendo al sol el rostro, brazo o mano izquierdos sin que se sufran quemaduras en ellos, Sin embargo, si esto mismo se realiza con la ventanilla bajada, las quemaduras correspondientes aparecen pronto.

UVA y UVB

Como hemos señalado anteriormente los rayos UVB poseen una menor longitud de onda que los A. Son más energéticos, pero penetran menos, por las interacciones que ocurren con moléculas cromóforas. Hasta hace poco se creía que los UVA, menos energéticos, contribuían muy poco al envejecimiento o deterioro de la piel. De hecho, muchas instalaciones bronceadoras, operan usando rayos UVA. La realidad es que los UVA sí parecen intervenir bastante en el deterioro de la piel. Por otra parte, muchos componentes de los protectores solares filtran principalmente los UVB pero, en mucha menor medida, los UVA.

LOS FLAVONOIDES PROTEGEN CONTRA LAS RADIACIONES

Por Julián Castillo Sánchez y Obdulio Benavente-García
Investigadores químicos industriales de flavonoides

La naturaleza y la ciencia se han unido para proporcionar al ser humano ciertas fuentes de energía, las radiaciones ionizantes, frecuentemente beneficiosas para la salud o útiles para su control y para el estudio o la curación de diversas patologías. En otras ocasiones su exceso puede llegar a ser dañino y hasta letal.

Por ejemplo, es bien conocido el papel del sol como fuente constante e inagotable de radiaciones ultravioleta, UVA, UVB y UVC, cuya protección se puede realizar con filtros químicos solares (véase el artículo anterior). Además, la tecnología actual, nos sumerge en un complejo entramado de radiaciones ionizantes, procedentes de lámparas halógenas (UV) o de muy diversos instrumentos generadores de otras radiaciones como las X, gamma, partículas alfa, neutrones, etc. Todas estas radiaciones ionizantes cuyos efectos positivos o su uso necesario son de sobra conocidos, pueden llegar a provocar, en casos de exposición excesiva o accidente, significativos efectos nocivos, como el fotoenvejecimiento o las lesiones de la piel, además de otras complicaciones mayores como diversas alergias y cánceres (de los que el melanoma es el más conocido) debido a la gran capacidad de penetración de algunas de estas radiaciones que ejercen una sensible actividad mutagénica sobre nuestro material genético celular, lo que puede derivar, a medio y largo plazo, en patologías cancerosas

RADICALES. ¿Cómo actúan sobre el organismo estas radiaciones?. En artículos anteriores hemos tratado, sobre el tema de los radicales libres oxigenados, sus características y su profunda y evidente relación, científicamente muy justificada, con los procesos biológicos de envejecimiento y oxidación celular, así como con un buen número de procesos y patologías de gran repercusión social e individual (Oxígeno fuente de vida y de muerte; Los radicales libres oxigenados).

Existen muchas de tales patologías en los campos de la Inmunología, Oncología, Gerontología, Oftalmología, Neumología, Cardiología, arteriosclerosis, amiloidosis, etc., que aún carecen de una detallada explicación del mecanismo bioquímico o físico-químico que las genera. Pero los trabajos de muchos conocidos científicos como Harman, Slater, Riley y Packer están demostrando desde el punto de vista clínico la participación de los radicales libres en esos procesos. Particularmente interesantes son los estudios de la relación entre los radicales libres oxigenados y las radiaciones ionizantes. Rebeca Gerschman ya describió, hace bastantes años, una reducción de la toxicidad de ciertas radiaciones ionizantes en ambientes con una menor concentración de oxígeno. A partir de ello elaboró una teoría general sobre el envejecimiento que podía aplicarse a cualquier situación de estrés oxidativo, resumida en la existencia de una balanza entre agentes oxidantes y sistemas antioxidantes. La aparición de un desequilibrio desemboca en las diferentes patologías. Para luchar contra ellas es preciso modificar el equilibrio de la balanza para que los sistemas antioxidantes tengan un mayor peso.

Cuando una radiación ionizante incide sobre un medio celular en un ambiente oxigenado, induce la generación de una cascada de radicales libres superóxido, cuya vida media en el entorno celular es escasa, ya que se transforman casi de forma inmediata en peróxido de hidrógeno por acción de uno de nuestros mecanismos de defensa, la enzima superóxido dismutasa (SOD). El peróxido de hidrógeno sufre a su vez diversas transformaciones, por un lado, los sistemas de defensa de nuestro cuerpo (glutatión) lo eliminan del medio convirtiéndolo en agua pero, a través de otros procesos (reacciones radicales, Fenton, Haber-Weiss), el peróxido llegará a convertirse en el radical libre más agresivo que se conoce, es decir, en el radical hidroxilo.

ESTRÉS. Los radicales oxigenados y, de un modo muy especial el radical hidroxilo, desencadenan procesos de oxidación de variados componentes celulares como los fosfolípidos de las membranas celulares, generando abundantes peroxirradicales, responsables, junto con otros productos de la oxidación, de las agresiones y patologías ya mencionadas. Por ello, cuando una excesiva exposición a una radiación ionizante origina una masiva generación de radicales libres ello conduce a un severo estrés oxidativo, ante el que nuestros sistemas endógenos de defensa resultan insuficientes. Es entonces cuando resultaría necesario el uso de agentes antioxidantes exógenos con una muy elevada capacidad de captación de radicales libres.

Hasta ahora se conocían sustancias, tales como la histamina, serotonina, y adrenalina que disminuían el efecto lesivo de las radiaciones al provocar una cierta vasoconstricción o una disminución del flujo sanguíneo tisular, del metabolismo, de la actividad funcional o de la presión parcial de oxígeno en los tejidos expuestos a radiación, pero es claro que no son sustancias protectoras directas frente a la radiación ionizante.

Otros estudios realizados durante las dos últimas décadas, han mostrado la existencia de una cierta capacidad radioprotectora en moléculas que poseen un grupo SH (sulfhidrilo) libre o la posibilidad de generarlo. Un ejemplo inmediato es el del aminoácido cisteína. Esta estructura molecular sulfhidrilo actuaría como un sistema captador de los radicales libres originados por la cascada de electrones procedente de la radiación. Este tipo de compuestos constituiría un sistema exógeno de protección similar, desde el punto de vista estructural, a uno de los que dispone nuestro propio organismo, y que ya hemos mencionado, el del glutatión. Sin embargo, su aparente efecto beneficioso está limitado en la práctica clínica humana porque las dosis efectivas para proteger frente a las radiaciones ionizantes han de ser tan elevadas que resultan tóxicas para el hombre.

FLAVONOIDES. Nuestro propio equipo investigador, ubicado en una empresa de Alcantarilla (Murcia), en colaboración con diversos Departamentos de la Universidad de Murcia (Radiología, Bioquímica, Anatomía Patológica y Fisiología Vegetal), ha trabajado, en el estudio de la actividad antioxidante y los efectos radiopro-

tectores frente al daño cromosómico, inducido in vivo e in vitro, por rayos X y rayos gamma, de diversas sustancias naturales obtenidas a partir de materias primas vegetales. Los resultados que hemos logrado han tenido suficiente interés para que hayan sido objeto de publicación en revistas especializadas internacionales como el Journal of Medicinal Food o el Journal of Agricultural and Food Chemistry, aparte de su presentación y discusión en diversos foros internacionales.

Y, es que sucede que, el reino vegetal es rico en ciertas sustancias con moléculas muy útiles en la captación de radicales libres. Entre ellas, destaca la conocida familia de los flavonoides. No obstante, hay que adelantar que se conocen más de 5.000 flavonoides. Y, ni todos ellos son activos agentes antioxidantes, ni todos los antioxidantes son captadores de radicales libres, ni todos los captadores de radicales libres protegen del mismo modo frente a las radiaciones ionizantes. Nuestra investigación ha tratado de separar, caracterizar y cuantificar las propiedades de los más útiles, su papel antioxidante, su función protectora frente a las múltiples aberraciones cromosómicas y a la elevada toxicidad genética producidas por fuertes radiaciones ionizantes de rayos X (dosis simple de 48 cGy) o de rayos gamma (137Cs, dosis simple de 200 cGy). La experiencia del Dr. Miguel Alcaraz, del Dpto. de Radiología, probablemente uno de los mejores expertos españoles en este tipo de técnicas, ha permitido la aplicación del llamado «test de micronúcleos», sobre eritrocitos policromáticos de médula ósea de ratón y sobre linfocitos de sangre humana.

En estos estudios se han comparado como agentes radioprotectores diversas vitaminas (C y E), compuestos con grupos SH o derivados (propiltiouracilo, entre otros) y, sobre todo, diversos flavonoides: flavanonas, flavonas, flavonoles, antocianinas, etc. La familia de flavonoides denominada flavan-3-oles, presente en diversas plantas, pero sobre todo en la vid, mostró una mejor relación directa entre sus propiedades antioxidantes y su capacidad de captación de radicales libres y, lo que es de mayor interés, un mayor efecto radioprotector: disminución del 70 % de la genotoxicidad y de las aberraciones cromosómicas inducidas. Esta cifra fue inferior para el resto de flavonoides (23-54 %), vitaminas (35-40 %) y compuestos con funciones tiol y aminotiol (35-45 %). Se abren, pues, unas posibilidades muy sugestivas de aplicaciones prácticas de ciertos flavonoides frente a los efectos de las radiaciones ionizantes

PATOLOGÍAS

Existen datos sobre la utilidad terapéutica de diversas estructuras flavonoides en variadas patologías. La mezcla de oleuropeósidos, flavanonas, flavonas y flavan-3-oles parece adecuada para mejorar la circulación periférica, hipertensión, hiperlipemia, colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn. La misma mezcla, con la adición de otra flavona específica, podría ser útil en los casos de artritis reumatoide. Flavonoides derivados del ácido cafeico y ciertos polisacáridos serían los indicados para los procesos inmunológicos de alergias.

ATÓXICOS

La ausencia de toxicidad de los flavonoides, aun en dosis muy elevadas, incrementa el potencial interés en su uso como agentes antioxidantes y radioprotectores. Hace varios años la prestigiosa Agencia americana FDA realizó un completísimo estudio al respecto llegando a la conclusión, sobre diversos animales de experimentación, y largos tiempos, que dosis diarias de hasta el 4% (flavonoide/ peso del animal) no mostraban ningún signo de toxicidad ni de respuesta biológica adversa.

OLIVO

Los extractos enriquecidos de hojas de olivo contienen diversos flavonoides de las familias de las flavonas y oleuropeósidos. El componente mayoritario es la oleupeína, que muestra una fuerte actividad contra variados virus, bacterias, levaduras, hongos y otros parásitos. Los ensayos clínicos han mostrado su utilidad para ayudar en el tratamiento de gripes, herpes, resfriados, síndrome de la fatiga crónica, artritis reumatoide, tuberculosis, malaria, etcétera.

URANIO RICO, URANIO POBRE

«Cuando el error se hace colectivo adquiere la fuerza de una verdad». Este pensamiento podría ser ejemplo las muy numerosas, y de muy diversas índoles, reflexiones posibles referidas a la reciente alarma, recogida y amplificada con insistencia y generosidad, por todos los medios de comunicación, sobre las secuelas de la utilización de proyectiles conteniendo uranio empobrecido en la guerra de los Balcanes.

En el mundo que vivimos los medios de información, y sus frutos, escritos, escuchados o vistos, son múltiples y variados. Pero tal abundancia no significa que deriven obligadamente en una mayor calidad de la información. Por el contrario, es una realidad el aspecto positivo de un acceso masivo a la información, pero acompañado del negativo de su origen y consumo homogéneos. Más aún, las fuentes de la producción de información, cada día más, poseen una filosofía propia de las industrias multinacionales de bienes de consumo, preocupadas por ofrecer productos atractivos, fáciles de consumir y muy semejantes en todo el mundo. Ello tiene sus consecuencias sobre sus consumidores, la población.

LE BON. Gustave Le Bon (1841-1931), autor de la frase del comienzo de este artículo, fue un gran psicólogo social francés, aparte de médico, antropólogo y arqueólogo, especializado en los estudios de las características sociales de las multitudes. En su obra más conocida, La Sicología de las Masas (1895), ya anticipaba que, en una multitud, la personalidad consciente del individuo se encuentra

sumergida dominando la mentalidad colectiva, siendo el comportamiento colectivo de tipo unánime, emocional e intelectualmente débil. Acorde con ello analizaba la naturaleza y las consecuencias de los errores y en su obra «Ayer y Mañana» (1917) también se podía leer que «Para destruir un error hace falta más tiempo que para darle vida».

¿Qué sucede con el uranio empobrecido y el «síndrome de los Balcanes»?. Lo más sorprendente es que, dada la abundancia y profusión de informaciones y suposiciones, muchas de ellas totalmente gratuitas, las aproximaciones científicas hayan sido tan extremadamente escasas. Y ello es tanto más curioso por cuanto las características y efectos biológicos de los isótopos del uranio son bien conocidos. La culpabilidad del uranio empobrecido es difícilmente sostenible. Primeramente habría que demostrar si realmente han existido consecuencias negativas sobre la salud en unos determinados colectivos y en unas determinadas circunstancias, temporales y ambientales. Si la respuesta fuese positiva entonces habría que investigar ese complejo asunto en el que podrían participar multitud de factores diversos.

URANIO. Los átomos podemos considerarlos formados de un núcleo de neutrones (con masa, sin carga) y de protones (con masa y carga positiva) rodeados de un número de electrones (casi sin masa, con carga negativa) igual al de protones. Las características químicas de un elemento vienen definidas por su número atómico, que equivale a su número de protones o electrones. El número atómico del uranio es 92. Pero un mismo elemento puede presentarse con un número variable de neutrones, dando lugar a los diferentes isótopos de ese elemento, todos con el mismo número atómico, pero con distinta masa (suma de protones, invariables, y de neutrones, variables). De 1.000 kilos de uranio natural aproximadamente 992,9 kilos corresponden al uranio 238 (92 protones y 146 neutrones), 7,1 kilos son de uranio 235 (92 protones y 143 protones), y sólo 54 gramos son de uranio 234 (92 protones y 142 neutrones). Aparte de estos isótopos, suelen estar presentes unos pocos gramos de otros isótopos de protoactinio, actino, torio, radio, plomo y polonio.

En los diferentes átomos algunos isótopos son inestables y tienden a desinte-

grarse (transformarse) en otros elementos e isótopos más estables. En el transcurso de las desintegraciones suelen emitirse partículas alfa (dos protones con dos neutrones), partículas beta (electrones o positrones) y/o partículas gamma (radiaciones electromagnéticas. Es la radiactividad natural. Precisamente los orígenes o primeros elementos de las tres cadenas naturales de desintegración radiactiva más importantes son el uranio 238 (con unas 14 etapas, hasta alcanzar un elemento estable, de las que la primera consiste en la transformación del uranio 238 en uranio 234)), el uranio 235 (con unas 10 etapas) y el torio 232 (10 etapas). Periodo de semidesintegración es el tiempo necesario para que, al transformarse, la cantidad de un determinado isótopo se reduzca a la mitad. El del uranio 238 es de 4.479 millones de años, el del uranio 235 es de 713 millones de años, y el de uranio 234 es de 247 millones de años. Por tanto, es evidente que la mayor o menor radiactividad de un isótopo depende de la naturaleza de sus emisiones e, inversamente, de su periodo de semidesintegración

RIESGOS. El efecto biológico (riesgo) de las radiaciones sobre las personas se mide en unidades mSv (miliSievert). La radiación de origen natural (rayos cósmicos, radón, radiaciones de minerales, etcétera) que todos recibimos equivale a una media algo superior a los 2 mSv por año, aunque en algunas zonas terrestres supera los 10mSv. A semejanza de lo que sucede con el consumo de vino, parece existir el fenómeno de hórmesis, es decir, que pequeñas dosis las radiaciones pueden ser beneficiosas (¿estímulos de sistemas biológicos de protección y reparación?), aunque las dosis superiores a 250 mSv son potencialmente perjudiciales.

Actualmente el principal uso del uranio es para los reactores de las centrales nucleares que producen el 17% de la electricidad mundial. La superficie terrestre contiene unos 3 gramos de uranio por tonelada (1.000 veces más abundante que el oro) pero para que una mina sea rentable debe poseer más de 10 kilos por tonelada. En la naturaleza la relación uranio 235/uranio 238 es aproximadamente del 0,7%. Para ser usado en los reactores nucleares se necesita una mayor riqueza en uranio 235, lo que se consigue mediante diversos procesos químicos, a partir del uranio natural, obteniéndose finalmente dos fracciones purificadas: ura-

nio de origen natural enriquecido al 3,5% en uranio 235, y uranio de origen natural empobrecido, con un 0,2% de uranio 235.

¿Cuáles son sus radiactividades?. Los valores para el uranio soluble serían 10 veces menores. Considerando las formas insolubles al uranio natural (con todos sus componentes y descendientes) le corresponde un valor de 0,72. El del uranio natural (sólo los diversos isótopos del uranio, sin otros elementos acompañantes) sería 0,22. El del uranio enriquecido en U 235 es 0,75, semejante al natural original, pues aunque posee más de U 235, está desprovisto de los elementos radiactivos acompañantes del natural. El del uranio empobrecido sería 0,12, es decir, la sexta parte del valor del uranio natural original y la mitad del valor correspondiente al del uranio natural purificado.

Simplificando. Las guerras y armamentos, aun los más justificados, son injustificables. Pero, aprendamos a buscar las verdaderas causas y los verdaderos culpables de los daños encontrados.

PELIGROS

Los principales isótopos del uranio poseen radiactividades millones de veces inferiores a las de cobalto-60 o del I-125, usados en Medicina y en investigaciones biológicas. Pero defender su inocuidad sería erróneo. Las formas solubles de uranio son químicamente tóxicas, como sucede con las de plomo. Y, en minas subterráneas, los efectos del radón 222 y radio 226 (componentes de las familias radiactivas del uranio) han demostrado ser cancerígenos.

ARMAS

El cruel interés militar del uranio empobrecido en las cabezas de los obuses radica no sólo en su densidad y dureza (mayor penetrabilidad) sino en que, tras el impacto, el uranio metal se calienta y fragmenta en pequeñas partículas, que sufren una combustión controlada (por la presencia de 0,75% de titanio), origi-

nando un enorme calor que hace abrasar todo lo que se encuentre en el interior del vehículo blindado alcanzado por el obús. Otro uso diferente, por su dureza, es para construir blindajes.

LEUCEMIAS

Las investigaciones realizadas hasta ahora no han encontrado una relación directa entre uranio empobrecido y leucemias. De por sí el uranio empobrecido es muy poco radiactivo. Los peligros de la irradiación serían insignificantes. El mayor problema sería la inhalación e ingestión de los aerosoles de óxido de uranio formados tras el impacto de los obuses. Pero el Organismo de la ONU para el Medio Ambiente evaluó este riesgo, para las personas más expuestas, con un valor menor a 1 mSv (la mitad de la radiación natural que todos recibimos en un año).

ENERGÍA: ÉTICA, SOCIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

El físico Stephen Hawking, en su Historia del Tiempo describe atractivamente que es la disipación de la energía lo que atrapa a las tres flechas del tiempo. La primera, la termodinámica, señala la dirección en que aumenta el desorden o entropía. La sicológica, apunta el sentido en que opera nuestra memoria, distinguiendo entre pasado, presente y futuro. Y la tercera, la cosmológica, indica la dirección en que se expande el Universo, aumentando su desorden.

La energía es el componente crucial de nuestra civilización, como un informe técnico americano señalaba, hace unos años: «La energía es la fuerza propulsora, el factor universal, que permite a la gente convertir los recursos materiales en bienes y servicios útiles. El suministro de energía es el factor que limita la producción, así como la fuerza que la impulsa». No siempre ha sido así y, por ello, el de la energía será posiblemente el hecho diferencial más característico de los siglos XX y XXI.

EXOSOMÁTICA. Para referirnos a la energía hemos de medirla y distinguir entre energía (equivalente a trabajo) y potencia (energía por unidad de tiempo). Por ejemplo, es bien sabido que la combustión metabólica de nuestros alimentos nos proporciona la energía individual que necesitamos, menos de 3.000 kilocalorías (Kcal.) diarias. Como una Kcal. equivale a algo más de 4 Julios (J), ello significa unos 12.000 KJ diarios, que distribuidos entre los segundos de un día, repre-

senta una potencia energética media para el ser humano, una potencia somática, de unos 120 Watios (W), es decir, un valor semejante al de una lámpara normal incandescente.

Durante casi toda la evolución de la humanidad esta potencia somática fue su principal referencia. A lo largo del reciente progreso humano la potencia somática ha permanecido casi invariable, pero se ha incrementado la demanda de energía exosomática, que se iniciaría con los troncos de leña que mantenían encendido el fuego de los campamentos. Pero, hasta el final del siglo XVIII, la cuantía de la energía exosomática estuvo muy restringida: tiro de animales, viento (molinos), ruedas hidráulicas, y pocos artilugios más.

En 1705 Thomas Newcomen fabricó la primera máquina de vapor. Transcurrieron 70 años hasta que James Watt la transformó en una eficacísima fuente de trabajo, posibilitando el uso de la energía exosomática como movimiento, fuerza, presión, etcétera. Cuando, hacia finales de la 2.ª Guerra Mundial, el carbón se fue sustituyendo por el petróleo, comenzó una nueva era energética diversificada al añadirse otras posibilidades de obtención de energía: hidroeléctrica, térmica convencional y nuclear.

En el pasado medio siglo la Humanidad ha asistido a un despliegue energético impresionante, aunque desigual e injusto para la mayoría de los humanos. Y con efectos, a veces muy nocivos, sobre nuestro medio ambiente. Por ello, desde los 80 comenzó a adquirirse una fuerte conciencia de que todas las fuentes de energía llevan aparejados unos elevados costes sociales y medioambientales. Surgen numerosas preocupaciones e interrogaciones relacionadas con el uso adecuado de la energía, consecuencia de tener que contraponer esos costes con su indispensable concurso en los procesos de desarrollo.

LIBRO. En este contexto, el Consejo de Seguridad Nacional acaba de editar un espléndido libro, Energía y Sociedad en el Siglo XXI, por el que debe ser felicitado muy efusivamente. La esmerada presentación es bellísima, acompañada de unas excepcionales reproducciones de ilustraciones procedentes de esas joyas bibliográficas de los siglos X y XI, que se conservan en diversas bibliotecas españolas, conocidas como los beatos, es decir, el casi medio centenar de reproducciones

diferentes existentes de Los Comentarios Al Apocalipsis, escritos en el siglo VIII por el beato de Liébana.

Esas espléndidas y apocalípticas imágenes acompañan a unas lúcidas reflexiones que nueve especialistas prestigiosos realizan sobre diversos aspectos relacionados con la energía, entre ellos algunas de tipo ético, ecológico, sociológico, de conservación del medio ambiente o de control y regulación de las fuentes energéticas.

Por ejemplo, la escrita por Emilio Muñoz Ruiz, profesor de Investigación del CSIC, quien con un brillante pasado investigador bioquímico y de responsable gestión de la investigación, actualmente está muy dedicado al análisis de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Su valiosa aportación se titula Energía y Ética, habiendo escogido como presentación de la misma dos breves citas que resumen certeramente el conflicto. La de Herbert Spencer destaca lo positivo: «El progreso no es un accidente; es una necesidad, una parte de la naturaleza». La de Horace A. Vachell nos alerta: «En la naturaleza no hay recompensas o castigos; hay consecuencias».

Y es que sucede que las cifras energéticas son muy preocupantes. En primer lugar existe una realidad insoslayable. La fuente energética última es la del Sol y ha de sufrir muchas transformaciones antes de llegar a ser utilizable por el hombre. Así, una gran parte de la energía eléctrica consumida ha de producirse en ciclos térmicos, con rendimientos entre el 20% y el 45%, lo que significa que se disipa (calor) entre el 55% y el 80% de la energía inicial, lo que se traduce en que, literalmente, estamos evaporando ríos de agua dulce o auspiciando efectos medioambientales negativos (efecto invernadero).

DESIGUALDAD. Si examinamos la situación energética de los 6.000 millones (M) de personas del mundo el primer calificativo que nos acudiría a la mente sería el de injusticia. La potencia somática a la que antes nos referíamos, los 120 watios, nuestras necesidades energéticas para vivir, significarían para cada individuo una energía anual equivalente a unas 0,1 tep (toneladas equivalentes de petróleo) y para toda la humanidad unos 600 M de tep. Sin embargo, el consumo mundial de energía primaria supera los 10.000 M de tep, procedentes de petróleo (55%), carbón y lignito (24%), gas natural (21%), energías renovables (15%) y nu-

clear (6%). Ello significa, que a cada persona, como media, le corresponden 1,66 tep anuales, es decir, que para nuestro confort usamos 16 veces más energía exosomática, que la energía somática que necesitaríamos exclusivamente para vivir y que, durante milenios, les había bastado a nuestros antepasados.

Los romanos antiguos usaban esclavos a su servicio. Ahora, es como si cada persona, como media, contásemos con 16 esclavos mecánicos que realicen las tareas a nuestro servicio. Además, con la memoria reciente de la última crisis de petróleo, puede parecernos increíble, pero esos esclavos, la energía, nos resultan bastante baratos. Considerando la renta media mundial per cápita, y un precio de 30 dólares para el barril de petróleo, los gastos energéticos individuales no representan más del 8% de nuestros ingresos económicos.

Pero el principal problema es el desigual e injusto reparto energético. Muchos millones de personas morirán de hambre al no contar ni siquiera con el mínimo energético somático, es decir las 0,1 tep. 1.200 millones de personas, el 20% de la población mundial, han de conformarse con el 4% de la energía total. Otros 2.000 millones de seres humanos disponen de unas 10 tep anuales individuales. Y los 1.200 millones, el 20%, de personas más consumidoras, acaparan más del 58% de la energía mundial. El caso de Estados Unidos es el más llamativo: con un 5% de la población mundial gastan un 25% de la energía mundial. Cada americano, anualmente, energéticamente significa 8 toneladas equivalentes de petróleo, es decir, volviendo a la metáfora, cuenta con 80 esclavos mecánicos. Mientras, los europeos nos conformamos con «sólo» unos 35 de esos esclavos.

Y muchas interrogantes quedan abiertas: posturas sociales, deterioro medioambiental, alternativas energéticas, previsiones y evolución futura, etcétera. De algunas de ellas nos ocuparemos en el artículo siguiente.

CONSECUENCIAS

El uso de la energía, sea cual sea su origen, plantea numerosas cuestiones éticas, ecológicas y sociales, relacionadas con su extracción, procesado, generación, transporte, generación de residuos, etc. Por ello, cada vez existe mayor sensibili-

dad hacia aspectos como la destrucción de la capa de ozono, cambio climático, contaminación atmosférica y de los mares, deterioro de la biodiversidad, destrucción de los bosques tropicales, etc. Han de haber acuerdos y respuestas gubernamentales, sociales e individuales, a fin de no derrochar la energía inútilmente, fomentando las prácticas de ahorro, reciclados, energías alternativas, etcétera.

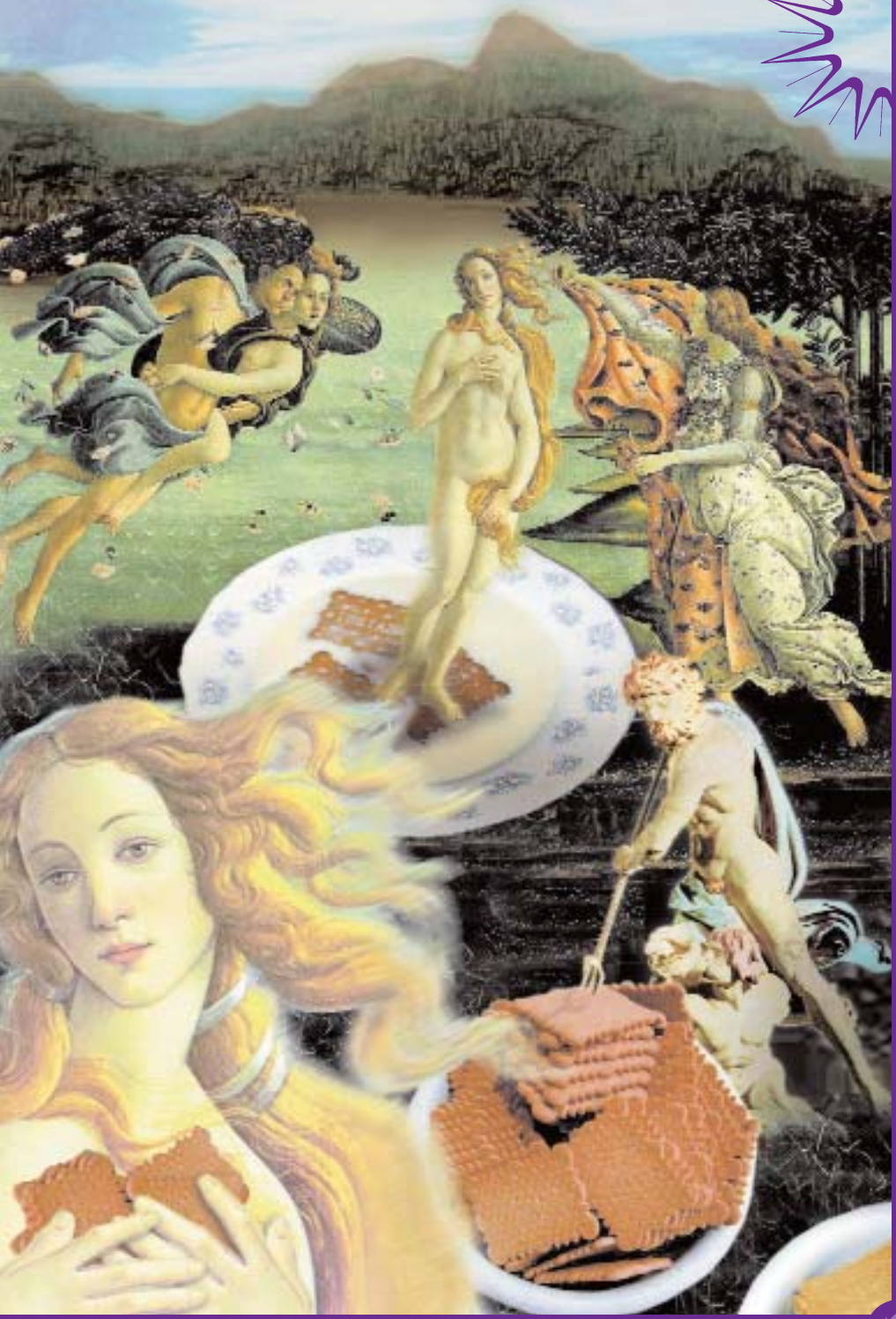
NUCLEARES, ¿NO?

El análisis objetivo de sus riesgos sería bajo e, incluso, catástrofes como las de Chernobyl, tienen su origen en otros factores como el derrumbe de controles industriales y de seguridad en una sociedad desconcertada. Pero no se puede ignorar su rechazo social en diversas áreas geográficas. En la actualidad existen 433 instalaciones en 30 países, representando el 16% de la generación eléctrica mundial. En la Unión Europea existen 146 plantas y 112 en Estados Unidos. En ambos casos las previsiones futuras indican disminución de su número, que crecerá importantemente en Asia (sobre todo China) y Europa del Este

ALFABETIZACIÓN

En una sociedad en la que crece sin cesar la interdependencia de los aspectos científicos con los sociales y éticos, es preciso contar con ciudadanos responsables capaces de reflexionar y opinar. A ello se refiere Emilio Muñoz al usar los términos de alfabetización ambiental o de alfabetización científica. Los ciudadanos que están más interesados por la ciencia y por la tecnología y sus repercusiones son los que muestran una mayor confianza en las promesas de estas disciplinas así como un menor temor acerca de sus repercusiones.

Alimentación



© PACO HERNÁNDEZ

La Venus Ericina y el sopado de galletas

LA VENUS ERICINA Y EL SOPADO DE GALLETAS

Erice es una bella población italiana, en la provincia de Trapani, de unos 30.000 habitantes, situada en la cima del Monte San Giulano, en la artística e históricamente fascinante isla de Sicilia. La leyenda cuenta que Erice, hijo de Venus y Neptuno, fue su fundador, hace más de tres mil años. Tucídides, Virgilio, Homero, Teócrito y Polibio celebraron en sus poemas la belleza de este enclave siciliano.

Erice fue famosa en todo el Mediterráneo por su templo dedicado a Venus Ericina, la deidad de la Naturaleza. La actual Erice es una mezcla de arquitectura antigua y medieval, con restos de las diversas civilizaciones allí asentadas desde el Neolítico. Los monumentos más celebrados son la Catedral gótica (1300 d. C.), las Murallas ciclópeas (800 a. C.) y el Castillo de Venus, construido sobre los restos del templo de Venus Ericina.

Erice es, asimismo, el lugar escogido, desde 1992, para desarrollar unas importantes actividades, en el entorno del cuarto centenario de Galileo Galilei, que es también el del nacimiento de la Ciencia Moderna. La Fundación Galileo Galilei, la Federación Mundial de Científicos y el centro Ettore Majorana para la Cultura Científica, auspician unas variadas e importantes reuniones internacionales de los mejores expertos, sobre temas científicos importantes de actualidad, preferentemente de tipo físico y cosmológico. Curiosamente, la Gastronomía Molecular también ha encontrado allí un lugar preferente.

Entre las reuniones habidas este año, se ha celebrado la 5.ª Reunión Interna-

cional de Gastronomía Molecular y Física. Si la del pasado año se dedicó al análisis de los sabores, el protagonismo de la del presente año ha sido para la textura de los alimentos. Por ejemplo, ¿por qué nos agrada mucho más una patata chip crujiente que otra blanda humedecida?

GASTRONOMÍA MOLECULAR. Se podría definir como la aplicación de la ciencia a los problemas culinarios. Por tanto, sería una rama híbrida de la Biofísica y de la Bioquímica, que tratan del aporte de la Física y de la Química a los problemas biológicos, ya que nada puede ser más biológico que los nutrientes, más físico que la transferencia de calor o más químico que la reacción de Maillard entre aminoácidos y azúcares, que origina nuevos e intensos sabores.

Fue en 1990, cuando el físico de bajas temperaturas y gastrónomo inglés Nicholas Kurti y el francés Hervé This, del College de France de París introdujeron este término por primera vez. Kurti fue pionero en aplicar simples ideas físicas a lo que hasta entonces se había considerado tan sólo como un arte. Por ejemplo, ideó la técnica de inyectar brandy en el interior de los pastelitos navideños rellenos de fruta, con una jeringuilla hipodérmica, con lo que no se estropeaba la costra externa. O demostró que una mezcla de merengue líquido se puede espesar hasta una forma sólida apetitosa, no sólo mediante cocinado, sino simplemente colocándola en un recipiente al que se le pueda aplicar el vacío.

Hay muchos problemas abordables en la nueva Gastronomía Molecular. Citaremos algunos. Optimizar la transferencia de calor para que todas las partes de un alimento alcancen simultáneamente la temperatura correcta. Teniendo en cuenta que la mayoría de los alimentos son dispersiones coloidales y emulsiones, conocer cómo las propiedades coloidales se modifican por fuerzas como la agitación, cortes, o masticado. Y cómo esas propiedades coloidales pueden afectar la percepción de textura y sabor, o cómo se pueden controlar las condiciones de la liberación de las moléculas del aroma y del sabor.

SABOR Y TEXTURA. En la reunión del año 2000, en Erice, el tema de los sabores se abordó con la doble vertiente de su obtención y su conservación, dedicándose sesiones especiales a aspectos tales como (primera vertiente) los métodos físicos

y químicos de extracción de sabores, su producción culinaria y por técnicas microbiológicas, los problemas de solubilidad y dispersión de los sabores, etcétera, o (segunda vertiente) los factores que afectan la estabilidad y evolución de los sabores.

La textura ha sido el complejo tema estrella de este año. En los alimentos es difícil definir el término textura. Para los sentidos la textura está conectada al modo cómo se rompen en la masticación, su adherencia (suave, viscoso, crujiente...) y las diferencias individuales. En el laboratorio, el estudio de la textura es una disciplina naciente. Un pionero es Gordon Williams, ingeniero mecánico del Imperial College, de Londres que ha pasado los últimos diez años estudiando las propiedades viscoelásticas de los quesos introduciéndolos en pequeños cilindros

Pero la respetabilidad científica que está alcanzando la Gastronomía Molecular es un hecho. Pierre Gilles de Gennes, Premio Nobel de Física de 1991 por sus trabajos sobre el flujo de las grandes moléculas ha asistido a alguna de las reuniones de Erice. Y la importante revista Science, en uno de sus últimos números, se hace eco de las investigaciones de Taylor y Hollowood en la Universidad de Nottingham, Reino Unido, sobre la textura de las patatas fritas chip. Aunque su composición química se conserve si se humedecen y empapan resultan incomestibles. ¿Por qué el aumento de viscosidad o resistencia al flujo de los alimentos les hace menos sabrosos aunque la viscosidad no tenga efectos sobre nuestros receptores de aromas?. Investigaciones neurológicas realizadas sobre macacos apuntan a que existen neuronas cerebrales especializadas en la respuesta a la textura que son independientes de las relacionadas con el sabor u olor.

SOPAR GALLETAS. La Humanidad está consumiendo galletas, mojándolas en leche, chocolate u otros líquidos, desde hace 2.300 años. Los romanos las fabricaban muy secas, para que se conservasen, y las mojaban en vino. Ahora son muy variadas, más blandas, algunas rellenas, y lo mismo sucede con los líquidos para sopar (leche, café, té, chocolate) y su temperatura (fría, caliente). Una galleta se puede definir como una masa estructural de granos de almidón que se «pegan» con el «pegamento» azúcar. Los líquidos calientes hinchan y blandean los granos de almidón (ello es positivo), pero disuelven el azúcar (el «pegamento»), con lo que se produce la desintegración estructural (aspecto negativo). Las galletas son

porosas por sus canales internos interconectados. Los líquidos fluyen y profundizan por ellos capilarmente. Lo ideal sería obtener el empapado sin llegar al desmoronamiento. Y, todo ello, acompañado de la mayor intensidad posible de sabor.

El Dr. Len Fisher, en 1998, se lanzó valientemente a investigar el tema. Utilizó ecuaciones matemáticas e instrumentos científicos muy complejos, así como voluntarios para analizar sus receptores olfativos y del gusto. Y llegó a las soluciones adecuadas para cada clase de galletas: cuál es el mejor líquido, la temperatura más adecuada, el tiempo y modo de soparlas, etc. La duración del tiempo de empapado resultó ser igual al diámetro del poro multiplicado por la tensión superficial del líquido, y dividido por 4 veces la viscosidad de la bebida y por el cuadrado de la altura que, por capilaridad, alcanza el líquido. Por haber logrado estas soluciones, al Dr. Fisher le dieron un Premio Nobel. Pero no el oficial, sino uno de los llamados Nobeles Ig («ignorados»), o Nobeles alternativos.

He aquí algunas de sus conclusiones: a) en 3 segundos se empapa una galleta normal. Una digestiva necesita 8 segundos; a) el peor líquido para mojar sería una bebida refrescante; b) el mejor líquido no es un café solo o té, sino un vaso de leche (puede añadírsele algo de chocolate), debido al efecto beneficioso sobre las moléculas del sabor de las pequeñas gotas de grasa que tiene la leche. Por ejemplo, una galleta mojada en una bebida láctea libera 11 veces más sabor que una galleta seca; c) la temperatura no debe ser elevada; d) el mejor procedimiento es usar una taza ancha, llena casi hasta el borde. Empapar la galleta por su parte inferior horizontal y levantarla girándola 180º, de modo que la parte más seca quede en el inferior, para que conserve su integridad antes de comerla; e) si la galleta posee una parte cubierta de chocolate, se debe mojar en el líquido únicamente la otra parte libre, sin chocolate.

En fin, un deseo: que el amable lector sea capaz de disfrutar de sus galletas sin que le sea necesario utilizar termómetro, viscosímetro y cronómetro

CITA GASTRONÓMICA

Jean-Anthelme Brillat Savarin (1755-1826), fue un conocido abogado y político francés, autor de un celebrado y precursor tratado de Gastronomía en 8 tomos:

«Fisiología del Sabor». Alcanzó varias ediciones y se tradujo al inglés en 1925. Para Brillat Savarin, «El descubrimiento de un nuevo plato hace más por la felicidad de la raza humana que el descubrimiento de una estrella».

OTRA CITA

Sir Benjamin Thompson, el conde Rumford (1753-1914), médico inglés, fundador de la Royal Institution de Gran Bretaña, investigó con gran rigurosidad científica el calor como fuente de energía, estableciendo el comienzo de las modernas teorías del calor como una forma de movimiento. Escribiendo sobre las aplicaciones de la Química al arte culinario, afirmaba: «¿En qué otros Arte o Ciencia podrían hacerse mejoras que contribuyesen más poderosamente al aumento del confort y disfrute de la humanidad».

MÁS CITAS

Nicholas Kurti (1908-1998), fue un conocido físico de Oxford, cofundador junto con otro científico, Hervé This-Benckhard, de la nueva rama científica de la Gastronomía Molecular, así como de los encuentros internacionales de Erice, entre científicos y cocineros de restaurantes con estrellas Michelin. Según Kurti «Es una triste reflexión la de que conozcamos mejor la temperatura en el interior de las estrellas que la del interior de un soufflé».

IONIZAR ALIMENTOS

El uso de radiaciones ionizantes en los procesos de conservación de productos agroalimentarios es conocido desde hace bastante tiempo, y existen en todo el mundo, en funcionamiento o en fase avanzada de puesta en marcha, casi un centenar de plantas industriales que tratan todo tipo de productos, principalmente especias, vegetales deshidratados, carnes, congelados, etcétera.

En los países desarrollados, como el nuestro, se estima que las pérdidas de alimentos representan cifras como las siguientes: el 10% de los cereales, granos y legumbres almacenados; el 25-35% de los productos frescos, como el pescado o el 50% de las frutas y verduras. Por otra parte, las contaminaciones por microorganismos como Salmonella, Escherichia coli o Listerias provocan constantemente importantes problemas sanitarios. En España, hasta ahora, no existe un proyecto industrial de instalación de ionización de alimentos. Como los términos ionización o radiactividad suelen sensibilizar y alarmar a la población, parece oportuno describir en qué consiste y en qué no consiste en la actualidad una instalación de este tipo que, en todo caso, ha de estar siempre sometida a las abundantes normas existentes, internacionales, europeas y nacionales.

IONIZACIÓN. En términos clásicos los átomos se pueden describir en forma de un núcleo compuesto de neutrones (sin carga eléctrica) y protones (con carga positiva), rodeado de electrones (carga negativa), con el resultado global de una

carga eléctrica nula. Cuando incide sobre el átomo una determinada radiación energética, capaz de afectar a sus electrones, pero insuficiente para alterar al núcleo, hablamos de una radiación ionizante, ya que al activarse el contenido energético de algunos electrones, éstos se «despegan» del núcleo y se forma un ión cargado eléctricamente. Desde el punto de vista de aplicación industrial se han usado dos tipos de radiaciones ionizantes en el tratamiento de alimentos: rayos gamma y electrones acelerados (rayos beta). Los rayos gamma, más penetrantes, son emitidos por radioelementos artificiales, como el conocido y temido cobalto-60. Poseen ciertas ventajas operativas, pero cualquier instalación de ese tipo, según la legislación española, poseería el mismo nivel de exigencia que una central nuclear. Por ello, la opción a escoger sería la de generar electrones acelerados, hasta alcanzar la energía precisa (de 5-10 MeV). Ello se consigue mediante aceleradores de electrones, de los que existen varios tipos. Actualmente existen en el mundo unos 650 aceleradores de electrones y unos 30 de ellos están instalados específicamente en plantas para la esterilización o tratamiento de productos agroalimentarios.

TRATAMIENTO. Efectivamente, todos los alimentos comienzan a estropearse inmediatamente tras su cosecha, recolección o sacrificio, como consecuencia de su deterioro químico-biológico y de que constituyen excelentes sustratos para la multiplicación de microorganismos contaminantes. Tradicionalmente, son los tratamientos térmicos (calor o frío) los que intentan evitar o enlentecer esos procesos. Como alternativa, la ionización supone la formación de moléculas excitadas y de radicales libres muy reactivos que, en el terreno biológico, facilitan la rotura de algunas biomoléculas, de modo especial las de ADN de los microorganismos, lo que sirve de base para su gran efecto bactericida. Como es lógico, los resultados dependen de la dosis de ionización, del grado de contaminación inicial y de las características de las muestras, abarcando desde un grado máximo (esterilización, aplicable a carnes, especias o aditivos) a otros inferiores, como la radurización (reducción no total de la población de microorganismos (quesos, mariscos, pescados, frutas, verduras frescas) o la radicidación, con dosis reducidas, pero que son suficientes para destruir los insectos en granos y harinas así como para la eliminación de Salmonellas en huevos e carne.

Como norma general, los productos se introducen, sobre bandejas, en cinta

transportadora, en la zona de ionización, cuya dimensión transversal al avance equivale al ancho útil del barrido del haz de electrones acelerados, pasando una sola vez (o dos, en el caso de ser oportuno un volteo). El tiempo utilizado es mínimo y se realiza el seguimiento informático de cada bandeja, a fin de garantizar que ha recibido la dosis ionizante prefijada. Una ventaja del sistema es que, generalmente, los productos pueden tratarse no previamente, sino ya dentro de sus embalajes comerciales definitivos, lo que significa que se impide la recontaminación y que el tratamiento puede hacerse fuera de la línea de producción, incluso en una planta externa, de servicio multipropósito, que puede tratar productos muy variados de otras empresas procedentes de una relativa extensa área geográfica.

EFECTOS. Para cualquier ciudadano la pregunta inmediata sería: ¿Y cuál es la acción de la ionización sobre los propios alimentos?. ¿Cuáles son sus posibles peligros potenciales?. La respuesta general no parece inquietante ya que, a las dosis utilizadas, las modificaciones provocadas por la ionización suelen ser iguales o menores que las ocasionadas por otras técnicas de conservación. Como la energía máxima usada es de 10 MeV resulta insuficiente para actuar sobre los núcleos, por lo que no se provocan incrementos significativos sobre los valores naturales existentes de radiactividad. Lo que sí aumentan, en ligeras proporciones, son los compuestos denominados radiolíticos, inducidos por la acción ionizante, pero suelen ser de la misma clase que los que ya se encuentran normalmente en los productos tratados, y las investigaciones realizadas en los últimos 30 años no han descubierto que ello suponga ningún efecto nocivo. En cuanto a la alteración de factores nutritivos, como vitaminas, los deterioros suelen ser menores que los ocasionados por otros medios de preservación, como la aplicación de calor. En cuanto al peligro de que los alimentos ionizados pudiesen mostrar algún efecto mutagénico, no se ha encontrado en ninguna de las múltiples experimentaciones realizadas sobre animales alimentados con productos ionizados ni siquiera usando energías 10 veces superiores al límite recomendado.

Todo ello no es obstáculo para que el tema de la conservación de alimentos por ionización sea debidamente legislado para que exista un adecuado control social e información de los consumidores al respecto. Por ejemplo, se podría exigir un etiquetado indicativo, pero no debemos olvidar ejemplos concretos como los siguien-

tes: a) En Europa, de acuerdo con el Tratado de la Unión, ningún país puede impedir la entrada de mercancías procedentes de otros países comunitarios que se hayan sometido a tratamientos regulados en el país de origen, por lo que en España se están recibiendo y consumiendo mercancías ionizadas de acuerdo con las respectivas reglamentaciones de los países europeos correspondientes; b) Concretamente, la industria agroalimentaria española utiliza grandes cantidades de especias y aditivos procedentes de otros países tales como China, EEUU, Francia o la India. En esos países, en más del 90% del total de sus 33 instalaciones industriales de ionización agroalimentaria, en las que se tratan productos de ese tipo, la fuente de ionización son rayos gamma procedentes del cobalto-60. Y no se trata de que su consumo constituya ningún peligro apreciable sino tan sólo expresar que en la sociedad globalizada en la que vivimos hay que intentar intensificar el mayor número posible de sistemas de armonización y cooperación internacionales.

FUTURO

Existe un tercer sistema de ionización, que aún no está explotado comercialmente, pero que podría presentar unas ventajas muy importantes. En este caso la radiación ionizante sería una fuente productora de rayos X, que tienen la ventaja sobre los gamma de ser más penetrantes y poseen un rendimiento de uso elevado, parecido al relativamente alto de los electrones acelerados. Por ahora, el principal inconveniente radica en el bajo rendimiento alcanzado en la producción de los propios rayos X, que se obtienen cuando se aceleran electrones y se hacen chocar contra una placa metálica formada por elementos de número atómico elevado.

RHODOTRON

Para obtener electrones acelerados ionizantes una de las opciones industriales más interesantes de acelerador de electrones, la del Rhodotron, realiza la operación mediante campos magnéticos que hacen recorrer al haz electrónico trayec-

torias diametralmente opuestas de forma que realiza un recorrido de aspecto semejante a una rosa (de ahí el nombre), logrando la energía deseable de 10 MeV en un espacio muy reducido, lo que permite que la planta sea compacta, de reducidas dimensiones, lo mismo que ocurre con el necesario recinto de protección ante la radiación.

ALTERNATIVAS

Se están investigando otras alternativas, aparte de los sistemas clásicos y el de ionización, en la industria agroalimentaria. El uso de nuevos tratamientos químicos suele tener la dificultad de la persistencia de trazas de los productos. Entre las posibilidades que se investigan figuran el calentamiento óhmico, la luz pulsatoria, los campos eléctricos pulsatorios, los sistemas pulsatorios de microondas, los procesos de alta presión y el conocido como procedimiento de descarga de plasma térmico.

CIENCIA AMARGA

«A nadie le amarga un dulce». ¿Por qué?. Los distintos componentes de los alimentos o sustancias que ponemos en contacto con nuestras papilas gustativas son capaces de presentar, como mínimo, cuatro determinantes distintivos que, combinados adecuadamente, integran lo que es para nosotros su sabor global: dulce, amargo, agrio y salado.

En nuestra lengua y paladar existen muchos centros gustativos formados por células que en sus membranas poseen proteínas receptoras específicas capaces de reconocer las moléculas originadoras de esos componentes gustativos, tal como es el dulce. Tras amplificar y convertir (transducir) estas señales, se envían al cerebro en forma de estímulos que, debidamente procesados e integrados, nos proporcionan la sensación de sabor. De todos modos el del gusto es uno de los sentidos menos conocidos, aunque en los últimos tiempos hemos comenzado a conocer sus mecanismos moleculares de funcionamiento, más concretamente los relativos a los sabores dulce y amargo.

La primera conclusión obtenida ha sido la reafirmación de que aunque tremendamente complejos, los sistemas biológicos suelen usar una misma estrategia para conseguir multitud de resultados diferentes.

PROTEÍNAS G. Así sucede con los variadísimos tipos de proteínas G que controlan en nuestro cuerpo una amplia cantidad de fenómenos ligados a la transmisión y transducción de señales celulares relacionadas con la acción hor-

monal, el papel de factores celulares como los de crecimiento, o el reconocimiento de sensaciones.

Así, a pesar de sus diferencias con las visuales y olfativas, también en las sensaciones gustativas representan un papel importante las proteínas G de las membranas celulares. Las proteínas G fueron descubiertas por Alfred D. G. Gilman, quien recibió (junto a Martin Rodbellfor) el Premio Nobel de Medicina de 1994 por sus trabajos para aclarar su papel en la transducción de las señales celulares. En el caso de los seres superiores, como el hombre, la adecuación entre órganos y tejidos, y sus respuestas ante los estímulos está mediada por un correcto procesamiento, amplificación y conversión de esas señales, que en el caso de los estímulos procedentes de nuestros sentidos llegan finalmente al cerebro para producir la correspondiente sensación.

El mecanismo general consiste en que una señal (por ejemplo una determinada molécula) alcanza la membrana de la célula considerada y allí es reconocida específicamente por un receptor proteínico situado en la membrana celular. Como consecuencia del cambio conformacional producido en el receptor se transmite un estímulo hasta ciertas proteínas G, también situadas en la membrana celular, lo que afecta (de ahí su nombre) a la capacidad de estas proteínas para enlazarse o no a nucleótidos de guanina tales como el GDP (difosfato de guanina) o el GTP (trifosfato de guanina). Esta propiedad, a su vez, es la que provoca que se estimulen o inhiban precisos sistemas enzimáticos que determinan los niveles intracelulares de los conocidos como nucleótidos cíclicos, el AMPc (adenosín monofosfato cíclico) y/o el GMPc (guanosín monofosfato cíclico). Con ello se consigue transducir y ampliar la primitiva señal extracelular hasta la forma de una señal intracelular de AMPc y/o GMPc que, a su vez, son los puntos de partida a partir de los cuales se regulan y controlan muy variados procesos metabólicos y fisiológicos posteriores.

SENTIDOS. En la vista, es en los conos y bastones donde el estímulo luminoso es reconocido por unas estructuras fotorreceptoras, sensibles a los 3 colores básicos, que poseen transducina, que es una proteína de la familia G, cuya activación conduce a la activación de la enzima fosfodiesterasa, y esto hace disminuir el nivel intracelular del nucleótido cíclico, que por debajo de cierta concentración

no puede impedir que se abran ciertos canales existentes en la membrana celular. En tal caso, se produce una gran entrada de iones calcio, que son responsables del fenómeno llamado despolarización, inicio de la señal nerviosa que finalmente llegará al cerebro y se integrará como una señal luminosa.

En el caso del olfato poseemos más de 1.000 genes diferentes para otros tantos tipos de receptores celulares específicos para los diferentes olores y cada neurona olfativa es característica para cada uno de esos receptores. Pero el mecanismo de la transducción de las señales es también parecido, dependiente de proteínas G y de los nucleótidos cíclicos.

El gusto es un sentido filogenéticamente muy primitivo, que capacita a los organismos superiores para evitar las toxinas (que normalmente presentan sabores muy amargos) así como para buscar nutrientes. Como indicábamos anteriormente, el gusto comprende, al menos, cuatro determinantes distintivos (dulce, amargo, salado y agrio) y nuestra lengua y paladar cuentan con bastantes centenares de estructuras sensoras que poseen entre 50 y 150 células receptoras especializadas cada una de ellas. Diversos estudios indican que la percepción de los sabores agrio y salado está mediada por estímulos iónicos que afectan a los canales de sodio y potasio de las membranas celulares, que siguiendo con la lógica molecular de la economía de los procesos biológicos, dependen de los mecanismos antes señalados característicos de las proteínas G.

AMARGO. Respecto al sabor amargo recientes investigaciones han descubierto la existencia de unos genes que codifican a receptores específicos relacionados con proteínas G. La historia de esta investigación es interesante. En primer lugar, usando ratones normales, transgénicos y «noqueados» (con un gen anulado), los investigadores localizaron el gen buscado. Posteriormente, haciendo uso de los datos que se iban conociendo del Proyecto Genoma Humano consiguieron localizar una región análoga a la de ese gen en el cromosoma 12 humano.

El Dr. Zuker de la Universidad de San Diego, en California, investigó en ratas y ratones sus sensores gustativos, identificando en el año 1999 a dos genes, los TR1 y TR2, que resultaron ser receptores relacionados con proteínas G, que se expresaban en los lugares adecuados de la lengua y el paladar.

Más recientemente el Dr. Robert Margolskee, de la Facultad de Medicina Mount Sinai, ha encontrado una proteína G, la gustducina, muy relacionada con los receptores para los sabores dulce y amargo, pero ligada a receptores para el sabor amargo que son diferentes a los TR1 y TR2 previamente descubiertos. Las investigaciones han proseguido con el estudio de una zona cromosómica humana que se sospechaba que estaba relacionada con la capacidad de reconocer el sabor amargo de una determinada molécula (el n-propiltiouracilo), consiguiéndose mostrar la existencia de una amplia familia genética TR2 constituida por unos 80 genes que también se expresan en los sensores gustativos de lengua y paladar. Todos estos genes codifican para receptores que se expresan en células que también poseen siempre también la proteína G gustducina.

Otros grupos de investigación, incluidos los de algunas empresas biotecnológicas, están investigando la localización de los genes responsables de los restantes sabores, como el dulce. Y es que, aparte del interés científico de conocer cómo funciona nuestro sentido del gusto, las derivaciones de estas investigaciones permitirán poder controlar los sabores de productos de ingestión desagradable, como ciertos medicamentos así como la fabricación de pesticidas más eficaces (sabores que repelan a los insectos), así como otras múltiples aplicaciones comerciales industriales, agrícolas, cosméticas, etcétera.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Novedades positivas respecto al ginseng recién publicadas en la revista Archives of Internal Medicine, tras una investigación realizada sobre personas normales y otras con diabetes de tipo II. Se les suministró a cada una de ellas 3 gramos de ginseng, bien simultáneamente o 40 minutos antes de la ingesta de 25 gramos del azúcar glucosa. En las personas normales el ginseng indujo una apreciable reducción de la absorción del azúcar sólo en el caso de su suministro previo al azúcar. En los diabéticos la reducción de la absorción inducida por el ginseng tuvo lugar en cualquiera de las dos circunstancias analizadas.

TABACO

En la recientemente celebrada 91 Reunión de la Asociación Americana para la Investigación del Cáncer se ha presentado una extensa investigación realizada sobre 27.924 personas claramente demostrativa de que el hábito de fumar incrementa apreciablemente los riesgos de aparición de adenomas de colon y de cáncer colorrectal, aumentando también su grado medio de agresividad. Para los fumadores con el hábito contraído por más tiempo los riesgos son mayores que para los fumadores más recientes. La buena noticia es que al dejar de fumar el incremento de riesgo queda casi anulado.

ALZHEIMER

Investigadores del Howard Hughes Medical Institute han publicado en la revista Nature la identificación de una enzima que responde a las agresiones tóxicas a las células cerebrales y activa una neurodegeneración que está relacionada con la que se observa en personas que tienen la enfermedad de Alzheimer. En su trabajo, los científicos han desentrañado el mecanismo de funcionamiento de la calpaína sobre una proteína reguladora, la llamada p35, que participa en el desarrollo del tejido nervioso. A lo largo de varios experimentos probaron que la calpaína es la enzima clave que corta a p35 en dos fragmentos, que pueden desencadenar daños en el cerebro. Ello sugiere que la enzima calpaína podría ser un blanco de ataque para las drogas diseñadas para retardar o para detener la progresión del daño cerebral causado por la enfermedad de Alzheimer.

SLIP, SLAP, SLOP Y... ¿ZANAHORIAS?

Los tres llamativos monosílabos ingleses anteriores (traducibles, respectivamente, como cubrirse, adornarse, y derramarse) fueron utilizados con gran éxito en la primera gran campaña pública del mundo, realizada en Australia, con la finalidad de proteger la piel contra los efectos dañinos de la luz ultravioleta del sol. Concretamente la campaña recomendaba cubrirse con una camiseta, adornarse con un sombrero y embadurnarse con una crema con filtro antisolar.

En otras ocasiones nos hemos ocupado de las razones por las que las radiaciones solares o el humo del tabaco aceleran el fotoenvejecimiento de la piel así como de la estrecha relación existente entre las radiaciones solares y los diversos cánceres cutáneos, entre ellos el terrible melanoma maligno, cuya incidencia y mortalidad no deja de crecer en todo el mundo debido a una conjunción de factores: hábitos de vida más deportivos y al aire libre, razones cosméticas buscando una rápida pigmentación o la existencia de una menor protección atmosférica contra las radiaciones solares debido a los agujeros de ozono de la atmósfera terrestre. Es interesante saber que los dermatólogos estiman que hasta el 80% de los signos que se relacionan con el deterioro de la piel no tienen causas genéticas sino que se deben al fotodaño ocasionado por las radiaciones ultravioleta. Las razones de ello son los radicales libres oxigenados, cuya naturaleza hemos analizado en otros artículos (Oxígeno fuente de vida y de muerte; Los radicales libres oxigenados). Todo ello conduce a las conocidas

recomendaciones sobre el modo correcto de tomar el sol y de protegerse del mismo con las cremas que contienen filtros químicos adecuados.

PARASOLES NATURALES. Pero hay más. Recientes investigaciones han llegado a la conclusión de que el efecto protector de las cremas antisolares puede mejorarse notablemente con una ingesta de antioxidantes apropiada. Así lo indica, por ejemplo, la investigación realizada por el equipo del Dr. Ronald Watson en la Universidad de Arizona, relativa al papel de las frutas y vegetales ricos en carotenoides. Los carotenoides son pigmentos amarillos, naranjas y rojos que, además de proporcionar alegres colores a los frutos y vegetales, les confieren unas importantes propiedades antioxidantes.

La relación entre radiación solar recibida y daño a la piel se puede cuantificar mediante la medida de la dosis mínima productora de eritema (DME) que constituye también una especie de medida del nivel de resistencia frente a las quemaduras solares. Durante seis meses diversas personas fueron alimentadas normalmente mientras que a otras se le suministraron suplementos diarios de carotenoides de 30 mg, 60 mg y 90 mg y periódicamente muestras de su piel se sometieron a las medidas de DME. Los resultados fueron concluyentes en el sentido que los suplementos de carotenoides aumentaban la resistencia de la piel al fotodaño, y ello en relación directa con la cantidad de carotenoides ingerida. También se comprobó que en la sangre declinaban los niveles de peroxidación lipídica, fenómeno que se considera como un marcador de las concentraciones de radicales libres. La conclusión del estudio es que el uso de las cremas protectoras antisolares debe realizarse, pero que siempre que sea posible debe estar acompañado de una alta ingesta de carotenoides.

SINERGIAS. Otro equipo investigador, el del Dr. Wilhelm Stahl, acaba de publicar otros resultados muy interesantes en un reciente número de la prestigiosa revista American Journal of Clinical Nutrition. Lo más notable es la observación de que la mezcla de antioxidantes, y de un modo más concreto la mezcla de carotenoides y de vitamina E funciona sinérgicamente y acorta el tiempo que es preciso para que aparezcan los efectos beneficiosos antisolares. Sobre sujetos de piel

clara a los que se les administró un suplemento diario de 25 mg de carotenoides se concluyó que era necesario que transcurrieran 8 semanas para que se hiciese evidente su efecto protector antienrojecimiento. Sin embargo, ese tiempo se reducía a la mitad, cuatro semanas, si se usaba una mezcla de los carotenoides con vitamina E natural (500 mg diarios). Unos resultados también parecidos fueron presentados por un grupo investigador alemán, el del Dr. Hagen Tronnier, en un Congreso Internacional sobre carotenoides celebrado en Holanda.

En cualquier caso conviene destacar el adjetivo de natural relativo a la vitamina E. Ello se debe a que nuestro cuerpo sólo utiliza esta forma, que es la modalidad d-alfa-tocoferol, mientras que la forma sintética es la dl-alfa tocoferol que sólo contiene un 50% de la vitamina E. Recientemente diversos organismos internacionales han corregido, al alza, las cantidades recomendadas diarias de ingesta para la vitamina E natural (15 mg), así como el nivel superior de ingesta tolerada (1.000 mg.).

OLIVA Y OLIVOS. Una reciente investigación japonesa ha demostrado también que tras la exposición a la luz solar, para proteger contra el fotodaño, es altamente eficaz realizar un tratamiento a la piel con aceite de oliva virgen lo que se ha atribuido a la composición especial de este aceite en su fracción no triglicérida, muy rica en compuestos fenólicos antioxidantes. Hay que recordar que históricamente el aceite de oliva o los extractos de hojas de olivo se han usado en la medicina popular para combatir muy diversas enfermedades. Uno de esos componentes, la oleuropeína ya fue descubierto en 1908 y posee una amplia actividad antimicroorganismos. Recientemente, en la revista Food Chemistry, un grupo español de científicos pertenecientes a una empresa y a la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia ha identificado una quincena de los principales compuestos antioxidantes presentes en los extractos de hojas de olivo, cuantificando su capacidad antioxidante, dividiéndolos en dos grupos, el de flavonoides y el de fenoles en general.

La sustancia que presentó mayor actividad antioxidante, más del 250% que la vitamina C, fue la rutina y, en todo caso, también se hizo patente la existencia del fenómeno sinérgico entre los diversos componentes. Este alto contenido antioxi-

dante de los extractos procedentes de las hojas de olivo ha sido aprovechado para su utilización en una línea cosmética dermatológica de una importante empresa multinacional del sector.

FLAVONOIDES

Los flavonoides son pigmentos no nitrogenados presentes muy ubicuamente en los vegetales. En las hojas, dejan pasar selectivamente las longitudes de onda de la luz, interesantes para la fotosíntesis, a la vez que dificultan la entrada de luz ultravioleta que modifica los núcleos celulares y otros componentes. Los flavonoides también poseen un papel interesante en la coloración de las flores, en particular las rojas y azules. Los típicos colores otoñales se favorecen por la conversión de los flavonoles, sin color, a las formas coloreadas de antocianinas. Químicamente la forma más simple es la flavona, un compuesto tricíclico que se encuentra presente en la naturaleza en las hojas, pétalos y semillas de algunas Primuláceas. Algunos de los flavonoides se utilizan farmacológicamente en preparados para combatir la fragilidad capilar.

CAROTENOS

Existen descritos más de un centenar de estos pigmentos, solubles en grasas, presentes en plantas y animales con diversas coloraciones que van desde el amarillo pálido al rojo o púrpura. Su color se debe a su estructura química poliénica (muy insaturada) y a un sistema cromóforo de dobles enlaces conjugados que se unen a cadenas carbonadas ramificadas. Abundan en los frutos y vegetales amarillos y rojos como albaricoques, melocotones, sandías, naranjas, brécol, espinacas, col, tomates, pimientos, calabazas y, así como en ciertas raíces amarillentas (zanahorias, nabos, batatas, etc.). Uno de los más importantes carotenoides es el betacaroteno que lo podemos tomar de las plantas y transformarlo hasta vitamina A en el hígado.

VITAMINA E

Con el nombre de vitamina E se suele denominar a un grupo de compuestos liposolubles llamados tocoferoles, químicamente derivados del núcleo bicíclico cromano, con una cadena lateral de tipo isoprenoide. Esta vitamina participa en la formación de los glóbulos rojos, músculos y otros tejidos y en la prevención de la oxidación de la vitamina A y las grasas. En animales su carencia se ha asociado a fallos en la capacidad reproductora y a lesiones testiculares. La mayor actividad biológica se corresponde con el d-alfa-tocoferol. Se encuentra en los aceites vegetales, germen de trigo, hígado y verduras de hoja verde. Si bien se almacena en el cuerpo, parece que las sobredosis de vitamina E tienen menos efectos tóxicos que las de otras vitaminas liposolubles.

© PACO HERNÁNDEZ

ANTIOXIDANTES Y CÁNCER

VERIS es una Institución cuya principal misión es divulgar entre los profesionales e investigadores de la salud y de la nutrición las investigaciones que se realizan sobre las sustancias antioxidantes. Muy recientemente, VERIS ha publicado una monografía, que intentaremos resumir en este artículo, sobre el controvertido y actual tema del papel de los antioxidantes de la dieta en la prevención y tratamiento del cáncer.

Recordemos que con el nombre de cáncer se acostumbra a denominar a todo un vasto conjunto de enfermedades caracterizadas por el indiscriminado crecimiento y diseminación de células anormales, con agentes causales que son factores externos y/o condicionamientos genéticos. Actualmente se cree que la mayor parte de los cánceres humanos tienen causas ambientales, relacionadas con los estilos de vida, entre ellos, de modo destacado, las características de nuestras ingestas nutritivas.

En todo caso, la cifra de la mortalidad ocasionada por el cáncer, referida a 100.000 habitantes, es variable dentro de un amplio rango, desde 266 a 74, dependiendo del sexo (25 al 80 % mayor en varones) y del lugar. Hungría, con cifras respectivas de 266 y 139, muestra valores muy elevados, mientras que Suecia, con 122 y 95, ocupa uno de los puestos más saludables. La importancia de un mejor conocimiento respecto a estos temas se justifica por el hecho de que, en países desarrollados, el riesgo total de desarrollar cáncer en algún momento de

la vida es, para los hombres, del 50% y, para las mujeres, del 33%.

MECANISMOS. Nuestro organismo dispone de sistemas biológicos adecuados para que las células se reproduzcan normalmente, para que sus lesiones puedan ser reparadas y para que las células inservibles sean reemplazadas por otras. Más aún, si por alguna circunstancia, una célula se convierte en precancerosa, nuestro sistema inmunológico la detecta y la destruye. En el caso del cáncer lo que ocurre es que algunas de esas células peligrosas no son detectadas y destruidas por el sistema inmunológico, lo que facilita su crecimiento y diseminación incontrolados, en un proceso en el que se distinguen diversas etapas: inicio, promoción y progresión del tumor.

Muchas investigaciones han puesto de manifiesto que los radicales libres oxigenados favorecen las etapas de inicio y promoción del cáncer. Esos radicales libres afectan a diversos componentes celulares, entre ellos los ácidos grasos poliinsaturados (se dañan las membranas biológicas y los procesos que controlan), las proteínas y hasta el propio ADN (cambios genéticos). Los radicales libres oxigenados se producen en los procesos celulares normales del metabolismo oxidativo pero su aparición resulta muy incrementada por la acción de diversos factores ambientales: contaminación, radiación, pesticidas, herbicidas y muchas sustancias químicas, como ciertos peligrosos componentes del humo del tabaco.

Son variadas las defensas antioxidantes naturales que protegen nuestro organismo contra el daño causado por los radicales libres oxigenados, incluyendo ellas a enzimas (superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidas), vitaminas (C y E), carotenoides, terpenos, flavonoides y ácido alfa lipoico.

En concreto, los nutrientes de nuestra dieta pueden contener componentes anticarcinogénicos cuya actuación se realiza a varios niveles: a) inhibir la iniciación tumoral; b) bloquear a los carcinógenos, impidiendo su acción; c) mejorar la respuesta inmunológica; d) inhibir las etapas de promoción del tumor; e) impedir las modificaciones genéticas relacionadas con la carcinogénesis (oncogenes).

El problema, pues, radica, en conocer cuáles son esos nutrientes, cuáles son los antioxidantes que específicamente contienen así como cuáles son las

concentraciones efectivas de los mismos, solos o combinados, para prevenir cada tipo concreto de malignización sobre la que tuvieran efecto. ¿Cuál es la situación al respecto?

EFECTOS. Los datos existentes comprenden varios niveles de actuación: cultivos celulares, experimentación animal, estudios epidemiológicos humanos y ensayos directos de intervención en humanos.

En cultivos celulares varios trabajos han confirmado que la combinación de vitamina E y selenio es bastante eficaz en la inhibición de la malignización de células normales embrionarias de ratón originada por su exposición a radiaciones o a ciertos productos químicos. Otras aportaciones similares son: a) dosis fisiológicas de vitamina E y de licopeno inhiben la proliferación de las células cancerosas prostáticas; b) la vitamina E, de forma dependiente de su dosis, inhibe el crecimiento de diversas líneas celulares cancerosas de ratón; c) la vitamina C detiene el crecimiento de células leucémicas; d) en cultivos celulares el selenio contrarresta los efectos de ciertos cancerígenos.

En animales de experimentación, sobre todo en ratones, un abundante número de estudios ha demostrado el efecto protector de los antioxidantes en la prevención y tratamiento de ciertos cánceres. En general, la vitamina E y el selenio se comportan sinérgicamente pero, en cada caso particular, el antioxidante más eficaz depende de la naturaleza del tumor y de la dosis usada. Entre los efectos positivos publicados figuran algunos como los siguientes: los de la vitamina E, en cánceres de colon de ratones, en cáncer esofágico inducido por etanol en ratones, en tumores orales inducidos de hámster, etc.; los de vitamina E y beta caroteno, en tumores orales de hámsteres; los de vitamina E y selenio, en cáncer mamario y cáncer de piel de ratón; el de alfa tocoferol en cáncer de piel provocado en ratones por la radiación UV. También hay otros datos diferentes relacionados con el efecto de la vitamina C o el selenio, aislados, en algunas circunstancias concretas.

HUMANOS. Actualmente ya se cuentan con varias decenas de estudios epidemiológicos (estadísticos, encuestas, etc.) realizados en variados países en rela-

ción con diversos tipos de cánceres. En ellos suele encontrarse una relación inversa entre los niveles séricos o el consumo de ciertos antioxidantes respecto al riesgo de desarrollar ciertos tipos de cánceres.

Así ocurre en una veintena de publicaciones que han estudiado, en mujeres, el cáncer cérvico-uterino, ovárico y mamario. Este caso apunta a un efecto protector de los antioxidantes beta caroteno y vitamina C. Otra decena de investigaciones se han ocupado de los cánceres orales y gastrointestinales, cuyos antioxidantes más significativos fueron la vitamina C y la vitamina E. En los cánceres de pulmón existe una amplísima bibliografía, con datos diversos, aunque el antioxidante más citado por su posible efecto beneficioso es el beta caroteno.

En cuanto a los ensayos de intervención directa, a largo plazo, sobre grandes grupos de población, suplementados o no con antioxidantes, en relación con sus riesgos posteriores de contraer cáncer, su número es aún reducido. Como ejemplo positivo se puede citar el ensayo de intervención nutritivo de Linxian, China, durante 5 años, sobre unos 30.000 adultos. El suplemento fue una mezcla de vitamina E, selenio y beta caroteno y la mortalidad por cáncer disminuyó un 13%. Pero otras investigaciones no han mostrado resultados claros al respecto.

En resumen, la mayor parte de los estudios epidemiológicos en humanos y animales, y algunos ensayos de intervención, muestran que los antioxidantes poseen un papel valioso en la prevención de ciertos tipos de cáncer. Sin embargo, la mayoría de los ensayos de intervención, focalizados en un solo antioxidante, no han mostrado efecto protector claro. Por ello, las investigaciones futuras deben enfocarse en las mezclas de carotenoides y diferentes antioxidantes, como los que se encuentran en una dieta natural rica en frutas y verduras. Hasta que el asunto se aclare definitivamente no sería mala costumbre la de incrementar nuestra ingesta de frutas y verduras antioxidantes.

VITAMINAS

La vitamina A estimula la respuesta inmunológica y controla el crecimiento, alteración y funciones de los tejidos corporales. La vitamina E natural (la sintética

es una mezcla de isómeros y sus efectos son más reducidos), aparte de combatir a los radicales libres liposolubles, mejora la respuesta inmunológica y protege a la vitamina A contra su destrucción. También inhibe la conversión en el estómago de los nitritos presentes en salmueras, embutidos, alimentos ahumados y curados, en nitrosaminas, que son poderosos cancerígenos. La vitamina C también favorece la respuesta inmunológica e impide la formación de nitrosaminas.

CAROTENOIDES Y SELENIO

Son represores efectivos de la forma reactiva oxígeno singlete e inhibidores de las interacciones entre los radicales libres. Favorecen la respuesta inmunológica e incrementan la intercomunicación celular, lo que es importante para detener el progreso de malignización en células dañadas por cancerígenos. Respecto al selenio, forma parte del la enzima glutatión peroxidasa, desactivadora de ciertas formas de radicales libres, aparte de que también contribuye a la mejora de la respuesta inmunológica.

TRATAMIENTO

Los antioxidantes también pueden ayudar aliviar los efectos colaterales de algunos tratamientos quimioterápicos, entre ellos un mayor estrés oxidativo, en casos de cáncer. Así se ha demostrado con la administración de vitaminas A y E en experimentaciones animales con el fármaco adriamicina. O en mujeres con cáncer de mama, tratadas con la mezcla CMF (ciclofosfamida, metotrexato, 5-fluoruracilo), a las que se suplementó con vitamina C, vitamina E, selenio y glutatión. La mucositis (inflamación de membranas mucosas) producida en la quimioterapia, se cura o reduce fuertemente con la administración tópica de vitamina E (dos veces al día). La sequedad de boca originada en la terapia de radiación de los tumores malignos del área de cabeza y cuello se ha relacionado con un déficit del consumo de vitamina A, beta caroteno, vitamina E y otros micronutrientes.

MÁCULAS OCULARES Y ZANAHORIAS

Un afectado, la describe así: «Veo a una preciosa chica en mi visión periférica y cuando mis ojos giran automáticamente para enfocarla con más precisión, ella se desvanece en una neblina. ¡Rápidamente retorno a la mirada periférica!».

No se trata de ninguna escena novelesca o de un filme sino de una enfermedad irreversible muy usual, la DMAE, o degeneración macular asociada con la edad. La sufren más de 40 millones de personas en el mundo. En nuestro país, es posible que la cifra de afectados supere las 300.000 personas. Afecta a la parte central de la retina, lugar de recepción de los estímulos luminosos y de transmisión de la respuesta al cerebro, alterando la visión central (lectura, por ejemplo) y los detalles finos, pero no a la visión periférica. Los síntomas comienzan con emborronamientos, distorsiones, líneas rectas que se ondulan y dificultades en la distinción de colores. El aumento de la porción afectada puede conducir hasta una situación de ceguera o que no se puedan leer grupos de más de dos o tres palabras a una distancia normal. Aunque suele darse en los dos ojos, usualmente siempre hay uno que es el más afectado.

SITUACIÓN. La mácula lútea, una pequeña mancha de color amarillo, como la cabeza de un alfiler, está emplazada centralmente en la retina y en su centro se encuentra la fóvea central, la zona del ojo con mayor agudeza visual. La capa sensorial de la fóvea se compone sólo de células con forma de conos, mientras que en torno a ella también se encuentran células con forma de bastones. Los foto-

rreceptores de esas células son los que convierten la luz en señales nerviosas. La mácula posee una capa protectora pigmentada denominada pigmento macular, que absorbe la peligrosa luz azul, evitando que alcance y dañe a las delicadas estructuras de la retina.

El 99% de los casos de degeneración macular asociada a la edad afecta a personas mayores de 60 años, y un 90% de tales DMAE son de la forma seca, con muerte y pérdida de tejido que causa la pérdida gradual de la visión, pero que no suele progresar más allá de una borrosidad permanente en el campo central de la visión. Por el contrario, en el otro 10% de formas húmedas, el crecimiento anormal de los vasos sanguíneos que hay bajo la mácula conduce a un daño grave, que puede destruir completamente la visión central del afectado.

Las causas de la DMAE, aparte de cierta predisposición genética, no son conocidas y los tratamientos existentes son muy limitados. Parece más asociada a las personas fumadoras, que se exponen más a las radiaciones UV, que poseen ojos claros, etcétera. La hipertensión también parece incrementar el riesgo de contraer DMAE.

La mayoría de los casos carece de tratamiento. En un pequeño porcentaje de pacientes con DMAE húmeda, la cirugía láser permite cerrar el poro para retardar la pérdida de visión, pero los poros suelen reaparecer.

CAROTENOS. Es un amplio grupo de sustancias, antioxidantes, químicamente relacionadas con el retinol (vitamina A), de color amarillo o rojizo, presentes en altas concentraciones (microgramos/100 gramos) en alimentos tales como zanahorias (1333), grelos (1000), diente de león (1200), espinacas (942), boniatos (850), perejil (900), acelgas (650), hojas de remolacha (610), cebolletas (550), brécol (400), hígados (500-2000), mantequilla y margarina (400), angulas y anguilas (300), mandarinas (310) o ciertos quesos (130),

Desde hace tiempo se especulaba sobre la posible relación existente entre la ingesta nutritiva de carotenoides, sobre todo luteína y zeaxantina, y la DMAE. Ahora comienza a conocerse mejor la situación:

1. En un reciente estudio, el grupo de Laurence Rappa ha encontrado que esos

dos carotenoides se encuentran en muy altas concentraciones en la retina, especialmente en la mácula, formando parte del pigmento macular protector.

2. Otras investigaciones han establecido que: a) una menor densidad de pigmento macular supone un mayor riesgo de degeneración macular; b) el aumento de la ingesta de luteína y zeaxantina con los alimentos o suplementos produce un aumento en la densidad de pigmento macular; c) las personas que poseen altas concentraciones plasmáticas de estos carotenoides tienen menos riesgo de sufrir la enfermedad; d) consumos altos de alimentos ricos en luteína y zeaxantina se asocian a un menor riesgo de DMAE.

3. La pregunta inmediata sería: ¿los bajos niveles de esos carotenoides en las retinas enfermas son causa o consecuencia de la DMAE?. Muy recientemente, un artículo publicado en la revista Investigative Ophtalmology and Visual Science, por los profesores Landrum y Bone, ha aportado pruebas consistentes de que realmente es el bajo nivel de luteína y zeaxantina una importante causa de la enfermedad.

PREVENCIÓN. Últimamente se están publicando los resultados de otra serie de investigaciones que tienden a confirmar esa cadena de relaciones: a) que una mayor densidad de pigmento macular reduce el peligro de la degeneración macular asociada a la edad; b) que el pigmento macular posee una procedencia de componentes totalmente alimentaria; c) que en los pacientes con un ojo afectado existe mucho mayor riesgo de afectación del segundo ojo si su cantidad de pigmento ocular es menor; d) que con la edad tiende a disminuir la cantidad de pigmento macular; e) que los suplementos dietéticos de 100 mg diarios, durante 12 semanas de ésteres naturales de luteína (extraídos de caléndulas) producen un apreciable aumento del 20% en la densidad del pigmento macular.

Por ello, actualmente se está realizando una investigación, a gran escala, en siete países europeos, con una duración de tres años, que finalizará en febrero del año 2003. En ella se están estudiando a 1.000 personas mayores de 70 años en relación con la influencia de la dieta (incluyendo a los carotenos antioxidantes) y la luz solar sobre el desarrollo de la DMAE.

Hasta tanto finalice la investigación es conveniente tener presentes los comen-

tarios de uno de los mayores especialistas sobre el tema, el Dr. Landrum: «... los suplementos (dietarios) de luteína aumentan los niveles de pigmento macular que se piensa que protegen contra la DMAE. El uso de suplementos de luteína puede proporcionar una protección importante a las personas que poseen bajos niveles de pigmento macular... el suplemento es bien absorbido».

AGUDEZA VISUAL

La mayoría de las personas no desarrollarán DMAE, pero con la edad pierden rendimiento visual. En una reciente revisión sobre el tema realizada por el Dr. Hammond, este investigador sugiere un efecto protector de la luteína y zeaxantina sobre la agudeza visual, al hacer reducir los daños oxidativos a la retina y lentes. De hecho, bastantes personas que, a lo largo de las investigaciones, han tomado esos suplementos para luchar contra la DMAE, frecuentemente indican que han comprobado mejoras en su visión, tales como una mayor sensibilidad de contrastes, mejor percepción del color y menos deslumbramientos.

CATARATAS

Se ha dicho que, si viviésemos lo suficiente, casi todos los humanos sufriríamos de cataratas. De hecho, ya se dan en más del 50% de las personas con edad superior a los 60 años, y en el 90% de las que superan los 80 años. Las cataratas se caracterizan por un nublamiento u opacidad de las lentes, normalmente transparentes y principalmente compuestas de agua y proteínas disueltas. El fenómeno de agregación de proteínas que acompaña a las cataratas está muy relacionado con fenómenos oxidativos por lo que se han realizado numerosas investigaciones sobre el papel preventivo que puedan tener al respecto vitaminas antioxidantes como la C y la E. ¿Poseen algún papel preventivo al respecto los carotenoides?

ANTIRRADICALES

Recientemente, en la revista Journal of the American College of Nutrition, se ha publicado una revisión sobre las cataratas y el efecto preventivo de los carotenoides respecto a su aparición, debido a su actividad eliminadora de radicales libres oxidativos que aceleran la formación de cataratas. La conclusión final de los expertos es que: «las investigaciones sugieren que los componentes de la dieta, incluyendo las xantofilas (luteína y zeaxantina) y vitaminas antioxidantes, pueden contribuir a la reducción del riesgo de esta enfermedad degenerativa ocular». Por ejemplo, las personas que consumen espinacas y otras verduras al menos cinco veces a la semana reducen el riesgo en un 50% respecto a las muy poco consumidoras de esos vegetales.

REDESCUBRIENDO EL AJENJO

Edgar Degas fue uno de los más grandes artistas franceses entre los numerosos genios que, a finales del siglo XIX, constituían la vanguardia artística del mundo. Su condición de gran observador del ser humano se hace patente en todas sus obras, entre ellas «Los bebedores de absenta», cuadro pintado en 1876, que se encuentra expuesto en el Museo Orsay de París.

Edgar Degas. En la época que Degas pintó a los bebedores de absenta su consumo estaba bastante generalizado en los brindis de París, sobre todo entre los bohemios, los intelectuales y las clases más acomodadas. Además de Degas, Picasso y Toulouse-Lautrec también bebían absenta y pintaron escenas parisinas en las que se reflejaba esa costumbre. Concretamente, Toulouse-Lautrec siempre salía de su domicilio provisto de una cierta cantidad de absenta que colocaba en un hueco del mango de su bastón.

ABSENTA Y PERNOD. ¿Cuál es el origen de la absenta?. Se remonta en 1792, tras que el médico francés Pierre Ordinaire se trasladase a Couvet, Suiza, huyendo de la Francia revolucionaria. Parte importante de su trabajo consistía en la preparación de elixires medicinales a partir de hierbas, ideando una infusión basada en el anís estrellado. Tras observar que la infusión resultaba más efectiva si se maceraba con alcohol, preparó el licor que denominó absenta, un nombre genérico derivado del latín ya que, entre las diversas hierbas, como la salvia, uno de los ingredientes clave era el ajenjo,

nombre común de la especie Artemisia absinthium, una planta arbustiva de la familia de las Compuestas, nativa de Europa y que se cultiva o crece silvestre en diversas zonas del mundo. Sus hojas y flores poseen el terpeno tuyona, una sustancia aromática, amarga y tóxica que transmite sus características al licor absenta. La planta se venía utilizando desde la antigüedad por sus características medicinales, en casos de gota, cálculos renales, hipoacidez estomacal, espasmos, o falta de apetito.

En 1797, otro francés más emprendedor, el mayor Henri Dubied, le compró la receta a su compatriota médico y con su yerno, Henri-Louis Pernod formó una sociedad para explotarla. La producción se inició en Francia, pero pronto hubieron de abrir otra fábrica en Pontalier, Francia. El éxito fue enorme y las imitaciones florecieron por doquier. Por ello, adoptaron la marca Pernod para distinguir esa absenta de las imitaciones, que se conocieron como pastiches, palabra que posteriormente fue abreviada a pastis. Entre los usos curiosos del Pernod estaba el de ser recetado a los soldados para prevenir la malaria.

El carácter tóxico, no sólo de la tuyona, sino de otros varios componentes del ajenjo, hizo que el consumo abusivo de la absenta originase entre muchos de sus consumidores grandes dolencias, conduciéndoles en ocasiones hasta la demencia y la muerte. A principios de siglo XX, en algunos juicios por asesinato se señaló a la absenta como causante en sus autores de desórdenes mentales, arrebatos y alucinaciones, considerándose que la culpabilidad se debía al ajenjo. Por ello, el uso del ajenjo fue prohibido por el Gobierno francés en 1915, seguido por buena parte de Europa. Desde entonces, se sustituyó este componente por otros, en la absenta y pastis. Sin embargo, la absenta con ajenjo continuó elaborándose en la República Checa y en algunos otros lugares.

ALZHEIMER. Hace unos 2.500 años el filósofo griego Hipócrates recomendaba los extractos de ajenjo contra la pérdida de memoria. En las obras de Shakespeare, se encuentran referencias de que los boticarios trataban la pérdida de la memoria en los ancianos con salvia y melisa. Ahora sabemos que todas esas hierbas poseen componentes que tienen efectos similares a los de algunos medicamentos recientes que se han desarrollado para luchar contra la enfermedad de Alzheimer. Y las posibilidades que existen son tan interesantes que,

en dos casos, ya se están realizando los correspondientes ensayos clínicos.

Recordemos que en ciertas zonas neuronales del cerebro de los pacientes de Alzheimer se produce una pérdida de uno de los dos tipos de receptores (muscarínicos y nicotínicos) para el neurotransmisor acetilcolina. Concretamente, se produce un déficit en el conocido como receptor nicotínico. La acetilcolina funciona como un neurotransmisor conduciendo los impulsos eléctricos entre las células nerviosas a través de las sinapsis y desde las células nerviosas hasta los músculos causando su contracción. Una vez que ocurre esto, la acetilcolina es hidrolizada por una enzima, la acetilcolinesterasa, que se encuentra en la hendidura sináptica, interrumpiéndose su efecto.

Por ello, las estrategias farmacológicas para aliviar el Alzheimer consisten en intentar potenciar la acción de la acetilcolina, bien incrementando su concentración (usando inhibidores de su enzima hidrolítica) o procurando estimular los receptores nicotínicos.

HIERBAS. Un grupo investigador de la Universidad de Newcastle, dirigido por la Dra. Elaine Perry, acaba de hacer públicos en la revista Journal of Ethnopharmacology los interesantes resultados de sus trabajos en curso con los extractos alcohólicos naturales de ciertas plantas. Algunos de ellos se relacionan con los receptores de la acetilcolina. El ajenjo posee componentes que se enlazan fuertemente a los dos tipos de receptores de la acetilcolina. La melisa común (Melissa officinalis) se enlaza con uno u otro, dependiendo de la variedad usada. La Salvia elegans enlaza fuertemente a los receptores muscarínicos, mientras que la salvia común no se enlaza con ninguno de ellos. Cuando existe enlace entre los componentes vegetales y los receptores su fuerza depende de las concentraciones del extracto, pero puede llegar a ser tan potente como lo es con la carbamilcolina que es un poderoso fármaco de estructura parecida a la acetilcolina.

¿Por qué poseen las plantas componentes capaces de enlazarse a un receptor de un neurotransmisor, cuya función es típica de los animales?. Los científicos piensan que la razón puede radicar en que constituyan un arma eficaz en la lucha de esas plantas contra los insectos, ya que los insectos poseen sistemas nerviosos con esos tipos de receptores.

En todo caso, la existencia de estos componentes naturales ha hecho revivir el interés por plantas como las citadas y en la Universidad de Newcastle ya se están realizando los primeros ensayos clínicos con diversas variedades de salvia y melisa. Como muchos de sus componentes activos son volátiles se administran a los voluntarios no en forma de extracto o tisana, sino como aromaterapia, un método eficaz y con menos riesgos.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

La importante revista americana PNAS, en su próximo número, incluye una investigación realizada por científicos de la empresa Magainin Pharmaceuticals Inc. relativa a la producción en el organismo de beta-defensinas, que son unas proteínas sintetizadas en diferentes mucosas superficiales, muy eficaces en la lucha contra infecciones bacterianas y fúngicas. El hallazgo más significativo es que su producción es muy dependiente de la ingesta en la dieta del aminoácido isoleucina, que es un aminoácido esencial, no sintetizable por nuestras células, por lo que hemos de ingerirlo como tal o, sobre todo, a través de las proteínas de nuestra alimentación que lo contienen.

BÍPEDOS

Andar o correr sobre dos extremidades, desde el punto de vista evolutivo, es muy anterior al hombre, los pájaros, e, incluso, ciertos dinosaurios. Una interesante investigación colaborativa internacional aparecida en el último número de la revista Science estudia el hallazgo de un fósil esquelético completo del primer bípedo conocido que vivió hace unos 290 millones de años. Se trata del Eudibamus cursoris, descubierto en Alemania, con 26 cm de longitud, perteneciente a la familia de los Parareptilia, un importante grupo de reptiles primitivos. No fue antecesor de otros bípedos posteriores, por lo que parece que las adaptaciones bípedas surgieron con multiplicidad en el curso evolutivo de las especies.

ASMA

Según aparecerá publicado en el próximo número de la revista European Respiratory Journal, únicamente un escaso 5% de los pacientes asmáticos europeos están siendo tratados adecuadamente, según las recomendaciones de organismos internacionales como la OMS. La investigación se ha realizado con los componentes de más de 70.000 familias de Francia, Alemania, Italia, España, Suecia y Reino Unido. Sólo un 26% de pacientes toma corticosteroides y, al menos, una vez a la semana, un 30% de los asmáticos sufre desórdenes del sueño y un 46% se quejan de diversos síntomas diariamente.

LA ALIMENTACIÓN DEL SIGLO XXI

El pasado martes día 18 de diciembre del año 2001, en la Real Academia de Medicina de Granada tuvo lugar un interesante simposio dedicado a las «Nuevas tendencias en la alimentación del siglo XXI», auspiciado por el Instituto Danone, con motivo de la ceremonia de su 8ª entrega anual de premios, becas y ayudas de investigación y divulgación en el campo de la alimentación, nutrición y salud.

Fue en el lejano 1908 cuando el biólogo ruso Ilya Metchnikoff recibía el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por sus estudios, desarrollados en el célebre Instituto Pasteur de París, sobre la longevidad y la acción de ciertas bacterias sobre el organismo humano. Ello significaba el espaldarazo a los productos lácteos fermentados y, más concretamente, al yogur. Un gran entusiasta de la idea, Isaac Caraso, creó al año siguiente, 1919, en Barcelona, la empresa Danone, para la fabricación de yogur, cuyo consumo fue introducido así, no sólo en España sino en buena parte de Europa. Actualmente la española es sólo una de las múltiples instalaciones industriales que esta empresa multinacional posee en muchos y diferentes países.

INSTITUTO. El Instituto Danone, auspiciado por la empresa, es una fundación científica independiente con dos propósitos principales: a) estimular las investigaciones sobre nutrición y alimentación para promocionar la salud y prevenir enfermedades; y b) potenciar la educación y divulgación sanitaria sobre estos temas. La

versión española del Instituto Danone se creó en 1993, con el lema general de «saber y hacer saber», contando para su dirección con un consejo científico de profesionales muy prestigiosos en Nutrición y Alimentación, presididos por el profesor Manuel Serrano Ríos, catedrático de Medicina Interna de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

Los temas de educación e información se articulan a través de la revista trimestral ANS (Alimentación, Nutrición y Salud), la edición de guías prácticas y folletos así como decenas de colaboraciones con instituciones profesionales, universitarias y sanitarias. La investigación, se estimula mediante la concesión de becas para titulados superiores universitarios, cuya evaluación y selección realiza la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) y el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS). También se concede un premio anual, dotado este año con tres millones de pesetas, a la mejor trayectoria científica de un investigador español en el campo de Nutrición, Alimentación y Salud.

SIMPOSIO. El contenido científico del simposio se inició con el galardonado del año anterior, el profesor y endocrinólogo granadino Fernando Escobar Jiménez, tratando sobre «El mito de la alimentación básica en los albores del siglo XXI». Su idea principal fue la necesidad de reevaluar el concepto de dieta mediterránea a la vista del reciente estudio conocido coloquialmente como «siete países» que ha demostrado la existencia de una relativa mayor mortalidad en el sur de Europa, o de otras investigaciones que señalan que, por ejemplo, en Andalucía hay una mayor predisposición que la media a enfermedades con componentes nutricionales: diabetes, enfermedades metabólicas, hipercolesterolemias, obesidad, etcétera. Si la anorexia y la obesidad son los polos opuestos a evitar, las ideas que cada vez se ven más claras son que los adecuados hábitos alimenticios han de ser instaurados desde el inicio más temprano de la vida y que no todo se reduce a la dieta, sino que tal como demuestra alguna experiencia favorable en Gran Bretaña, para reducir los factores de riesgo es ya necesaria una precisa educación en la escuela en la que participen profesionales diferentes y se combinen recomendaciones sobre las dietas (equilibradas), el estilo de vida (necesidad de ejercicio) y la cultura.

La siguiente intervención fue la del profesor y fisiólogo yeclano José Mataix Verdú, de la Universidad de Granada, quien trató sobre los peligros de los radicales libres oxigenados y de la lucha contra ellos mediante dietas ricas en aceite de oliva. Nuestro balance oxidativo es el resultado entre el estímulo de producción de tales radicales (factores endógenos, exógenos ambientales y nutricionales) y su prevención o eliminación (mediante factores nutricionales como la vitamina E o el coenzima Q). Con una amplia investigación personal sobre estos temas las dos conclusiones más importantes del Prof. Mataix son: a) una dieta rica en aceite de oliva ayuda a preservar la estructura de las membranas, entre ellas la interna mitocondrial, escenario del proceso de la respiración celular y la obtención de energía; b) experimentos sobre ratas, posiblemente extrapolables a humanos, han evaluado los daños sobre el ADN, el material genético, daños que disminuyen más según se añada a la dieta: aceite de girasol ‡ aceite de oliva ‡ aceite de girasol más coenzima Q ‡ aceite de oliva más coenzima Q.

El tema analizado por el Dr. Francisco Guarner, gastroenterólogo del hospital catalán Valle de Hebrón fue sobre «Probióticos y sus beneficios para la salud». En cierto modo, se trata de la confirmación actual de las ideas del lejano Nobel Metchnikoff que sirvieron de punto de partida. Los prebióticos son los microorganismos saludables para ser usados nutricionalmente. Como el tema es amplio e interesante lo trataremos los próximos artículos.

PREMIADO. El científico galardonado por su trayectoria profesional ha sido el Dr. Fidel Toldrá Villardell, profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos de Valencia, cuya vocación hacia la investigación para conocer y mejorar la calidad de las carnes curadas, entre ellas el jamón y los embutidos, se consolidó durante su estancia en la Universidad americana de Purdue.

El proceso de preparación y/o curado de los productos cárnicos implica, entre otros factores la actuación de múltiples sistemas enzimáticos, de la propia carne o pertenecientes a cultivos microbianos endógenos y exógenos, capaces de transformar sustratos de naturaleza lipídica, proteínica o glucídica. Algunas de estas enzimas son muy persistentes. Como ejemplo basta reseñar que en jamo-

nes con curaciones de 2 ó 3 años aún es posible encontrar algunas enzimas activas en situación de actuar. La calidad organoléptica del producto se puede definir por el conjunto de tres características: aroma, ternez o terneza, y flavor (una expresión anglosajona difícilmente traducible, que es una combinación de sabor y aroma) y se originan por los productos de las enzimas. Simplificando, el aroma por reacciones de ciertos aminoácidos libres (procedentes de proteínas); la ternez por determinados polipéptidos (procedentes de rupturas proteínicas), el sabor por la combinación de aminoácidos y pequeños péptidos; el flavor por la mezcla de aminoácidos, azúcares, ácido láctico y ácidos grasos más o menos oxidados.

El Dr. Toldrá ha investigado el control de la calidad de la carne según la acción de muchas de las enzimas participantes en esos complejos procesos, así como otros factores: alimentación de los animales, cruces genéticos, sexo, edad, uso de cultivos bacterianos diversos en los curados, etcétera, desarrollando un perfil bioquímico para la evaluación de los productos según su contenido en enzimas, polipéptidos y nucleótidos. Variantes del método permiten conocer las horas transcurridas desde la muerte del animal o el desarrollo de un sencillo instrumento patentado, un luminómetro medidor de ATP, que aplicado sobre un producto cárnico nos indicará su calidad. Buena parte de la experiencia cinética de este excelente investigador se refleja en un libro del que es autor, de inmediata aparición, con el título «Dry-cured meat products», publicado en inglés, en Estados Unidos, por Food and Nutrition Press.

JAMONES

Una de las líneas de investigación del Dr. Toldrá ha abordado la mejora sensorial y nutritiva del producto a través del control de cruces genéticos, alimentaciones controladas, factores relacionados con el transporte y sacrificio de los animales y, sobre todo, control de los factores que intervienen en el proceso de la maduración. El resultado ha sido la obtención de productos finales en los que se ha eliminado el fenómeno negativo conocido como carne exudativa y se ha logra-

do la mejora sensorial de color, aroma, ternez y sabor obtenida por una parte por la adición de vitamina E y, por otra, por la modificación de los perfiles de ácidos grasos, aumentando los insaturados.

DIVULGACIÓN

El premio de divulgación científico-periodística le ha correspondido al autor de estos artículos (concretados a los de temática nutritiva o alimentaria) semanalmente publicados los domingos en la sección de Ciencia del diario La verdad. Dos recientes ganadores de los premios de divulgación de convocatorias anteriores han sido Enrique Manuel Copeiras Jiménez (semanario «Muy interesante»), y Salvador Hernáez Alonso (revista «Quo»).

EDUCACIÓN

El Instituto Danone ha editado unas Guías de menús para niños en edad escolar de las que se han entregado miles de ejemplares en colegios de Madrid, Cataluña, Andalucía, Canarias y Baleares. Su objetivo es proporcionar al profesor un material educativo sobre alimentación y salud que apoye y justifique una adecuada orientación en la planificación de los menús de los comedores escolares, así como ayudar a promover actitudes positivas dirigidas a la promoción de la salud y prevención de la enfermedad a través de una alimentación conveniente.

© PACO HERNÁNDEZ

PROBIÓTICOS: LO FAVORABLE

Hipócrates (460 a. C. 377 a. C.), el médico griego considerado como el creador de la verdadera Medicina, decía: «Haz que tus alimentos sean tus medicinas y que tus medicinas sean tus alimentos»

Élie Metchnikoff (1845-1916) fue un zoólogo y microbiólogo ruso que, en 1908, recibió el Premio Nobel de Medicina y Fisiología por descubrir cómo ciertas células pueden engullir cuerpos extraños tales como bacterias en el fenómeno que se denominó fagocitosis, lo que constituyó un hecho fundamental para el desarrollo de la Inmunología como ciencia. Pero Metchnikoff es tanto o más conocido por otros de sus descubrimientos: trabajó en el Instituto Bacteriológico de Odessa (1886-1887) y en el Instituto Pasteur (1885-1916), del que llegó a ser su director, y la última década de su vida fijó su atención en que en Bulgaria existía un increíble número de personas centenarias, a pesar de ser uno de los países europeos más pobres. La razón para esa extraordinaria longevidad no podía ser tampoco la calidad de sus servicios médicos. Pero, lo que era evidente era que los búlgaros consumían grandes cantidades de yogur, que contiene bacterias fermentantes lácticas. Metchnikoff logró aislar la bacteria responsable de la producción del yogur y la utilizó para sus investigaciones. Era el inicio oficial de la Probiótica.

PROBIÓTICOS. Aunque la transformación fermentativa de la leche en otros productos más duraderos (principalmente yogur y queso) se conoce desde hace más de 6.000 años, no ha sido hasta las últimas dos décadas cuando la Medici-

na convencional ha comenzado a estudiar científicamente a las bacterias favorables participantes y a utilizarlas en la forma de suplementos nutricionales. Este distanciamiento histórico puede explicar que ese arsenal farmacológico no suele ser dispensado por los médicos y que se ofrezca en versiones comerciales, más o menos fiables, en supermercados, herbolarios, tiendas de productos naturales, etcétera. En 1998 se alcanzó el consenso de utilizar el término científico probiótico («a favor de la vida») para designar a los microorganismos, principalmente bacterias, usables en forma de suplementos nutricionales con fines saludables para el animal o persona que las ingiere, mejorando el balance microbiano intestinal del huésped.

Efectivamente, antes de nacer, el sistema gastrointestinal de los mamíferos, incluyendo al hombre, está libre de gérmenes, y nuestra flora bacteriana intestinal característica la adquirimos, del entorno del sistema reproductor materno, en el proceso del nacimiento y en el trayecto de salida, completándose, después, con la primera alimentación materna. Luego, en etapas posteriores, el suministro de probióticos puede proceder de algunos alimentos naturales, de los productos lácteos fermentados o de suplementos específicos.

Nuestra microflora microbiana es propia y característica y es esencial su mantenimiento, lo que se consigue mediante su replicación celular que, en algunos casos, se realiza velozmente, en unos veinte minutos. En total, la superficie de nuestro sistema gastrointestinal supera los 400 metros cuadrados de superficie (existen muchísimos plegamientos intestinales), donde se albergan el total aproximado de unos 500 gramos de microflora bacteriana, pertenecientes a unas 400 especies diferentes. Se puede resaltar que sólo en la boca de una persona viven un mayor número de bacterias que total de seres humanos que habitan la Tierra.

BENEFICIOS. Los científicos creen que existen más de cuatro millones de especies bacterianas diferentes, de las que, hasta ahora, se han identificado unas cuatro mil. Muchas de ellas son patógenas, originadoras de enfermedades, por lo que es muy útil contar con medios para controlarlas o combatirlas. Uno de los medios más eficaces es la lucha ecológica que contra ellas puede realizar nuestra propia flora intestinal. De entre los centenares de especies que contamos para ello

son tres nuestras principales guardianas: a) Las Lactobacillus acidophilus, que fermentan los azúcares hasta ácido láctico, acidificando el medio, siendo capaces de vivir en medios relativamente ácidos. Serían las eficaces guardianes de nuestro intestino delgado; b) Las Bifidobacterias, que de modo aún más eficaz que las anteriores producen diversas vitaminas B siendo unas magníficas protectoras de nuestro intestino grueso; c) Las Lactobacillus bulgaricum suelen ser bacterias viajeras transitorias que ayudan a las anteriores durante su tránsito por nuestro sistema gastrointestinal.

¿Cuáles son las bases de los efectos beneficiosos de los probióticos sobre nuestra salud?. Vamos a intentar resumir algunos de esos mecanismos, siguiendo la exposición que el Dr. Francisco Guarner, gastroenterólogo del Hospital catalán Valle de Hebrón, realizaba recientemente en el Simposio «Nuevas tendencias en la Alimentación del siglo XXI», organizado en Granada por el Instituto Danone: a) Consiguen la fermentación de alimentos, que serían indigestibles de otro modo, consiguiendo la obtención de metabolitos beneficiosos a partir de ellos; b) Mejoran el proceso normal de la digestión, incrementando la absorción de minerales (entre ellos el calcio, lo que es interesante para evitar la osteoporosis), la producción de vitaminas (sobre todo las de tipo B, como niacina, ácido fólico, biotina y vitamina B6), y la recuperación de componentes valiosos (como los ácidos grasos de cadena corta); c) Lucha protectora ecológica contra bacterias, hongos y virus patógenos, impidiendo que colonicen nuestro tracto gastrointestinal (como sucede con la bacteria Helicobacter Pylori causante de úlceras y cánceres gástricos); d) Regularización del sistema digestivo, reduciendo procesos inflamatorios, producción de gases intestinales, etcétera; e) Papel inmunomodulador, mejorando la actuación de nuestro sistema inmunológico.

Un caso especialmente interesante es el de la intolerancia a la lactasa, el azúcar de la leche, que afecta a una mayoría de poblaciones como la africana pero que, en nuestro entorno, la sufren casi un 15% de personas. Para evitar sus desagradables consecuencias los afectados suelen eliminar la leche de su alimentación, pero ello favorece el desarrollo de osteoporosis. Como las bacterias presentes en el yogur poseen la enzima lactasa, de la que son deficientes los enfermos, éstos pueden resolver el problema y volver a ingerir productos lácteos, sin

molestias, siempre que los acompañen con el consumo de yogures ricos en tales bacterias.

ESCASEZ. La carencia o escasez endógena de prebióticos puede aparecer por diferentes causas: estrés, envejecimiento, antibioticoterapia, terapia esteroidea, quimioterapia, radioterapia (rayos X), anticonceptivos, alcohol, desnutrición, diarreas, pesticidas, contaminantes, etcétera. Ello da lugar a molestias variadas como sensación de hinchazón, gases intestinales, indigestión, diarreas o estreñimientos,

Por otra parte, en la bibliografía médica se encuentran referencias a numerosas patologías que aparecen asociadas a una escasez de probióticos y que afectan a nuestros diversos órganos corporales: a) Boca y garganta: gingivitis, resfriados, inflamación de garganta…; b) Piel: acné, psoriasis, eczemas, …; c) Órganos reproductores: vaginitis, infección del tracto urinario, infección por levaduras, picazones…; d) Tracto gastrointestinal: enfermedad de Crohn, colitis, úlcera péptica, gases…, aparte de otras patologías como migrañas, gota, envejecimiento prematuro, hiperactividad, cólicos infantiles, sarpullidos infantiles…

Por tanto, no es de extrañar que se preconice el incremento del consumo de probióticos. Pero, ¿es oro todo lo que reluce?, ¿cómo distinguir lo útil y conveniente de lo que es tan sólo reclamo comercial?. En el siguiente artículo intentaremos aclarar los aspectos más controvertidos al respecto.

AGUA

Históricamente los científicos creían la existencia, en el espacio exterior, de una «zona habitable»: Venus demasiado caliente, Marte demasiado frío, la Tierra en situación ideal. En la reunión que acaba de celebrar la American Geophysical Union se ha revisado el tema, y se ha llegado a la conclusión de que la existencia de océanos acuosos es bastante generalizada, incluso en nuestro sistema solar. Por otra parte, la existencia de bacterias viables a temperaturas extremas (0 ºC o superiores a 100 ºC) hace esperable que en el futuro se descubra alguna forma de vida en nuestro sistema solar

NEURODEGENERACIÓN

Utilizando modelos experimentales de enfermedad de Parkinson en la mosca de la fruta, científicos de la Universidad de Pensilvania acaban de publicar en la revista Science su descubrimiento de que una clase de proteínas, conocidas como «chaperonas moleculares», más específicamente la Hsp 70, puede bloquear la progresión de ésta y otras enfermedades neurodegenerativas en Drosophila melanogaster. Su esperanza es que el modelo sea extrapolable a humanos.

VIGILANCIA CELULAR

El Dr. Sullivan, de la Universidad de California, ha logrado una nueva técnica con posibilidades extraordinarias. Usando marcadores coloreados específicos proteicos puede vigilar y controlar el proceso de la división celular, descubriendo de una forma visual cuando se produce una anomalía o mutación. Posibles aplicaciones: desarrollar nuevos medicamentos para las células alteradas (por ejemplo, las malignizadas), alertar sobre el comienzo de defectos (en embriones) y un largo etcétera.

PROBIÓTICOS: LO DISCUTIBLE

Como indicábamos en el artículo anterior, desde 1998 el término probiótico define a los microorganismos, principalmente bacterias, usados en forma de suplementos nutricionales, para lograr fines favorables para la persona o animal que los ingiere.

Existe un consenso general sobre que los organismos probióticos son esenciales para regular el adecuado equilibrio bacteriano preciso para lograr unas buenas funciones gastrointestinales, un perfecto tono de nuestro sistema inmunológico, y que una buena parte del resto de nuestras funciones corporales operen bien.

PATOLOGÍAS. En los últimos años abundan las investigaciones que intentan asociar muchas modificaciones de la salud con unos bajos niveles de microorganismos probióticos. Lo más llamativo es que tales patologías no solamente afectan al tracto gastrointestinal, sino a casi todos nuestros órganos. Ello ha llevado a pensar que, de modo más o menos directo, mediante el control del número de microorganismos dañinos, la ayuda a la eliminación corporal de toxinas o por la facilitación de la síntesis de sustancias favorables como vitaminas B, los probióticos anulan o reducen los efectos negativos de muchos factores desfavorables: estrés, envejecimiento, antibioticoterapia, quimioterapia, radiaciones, anticonceptivos, pesticidas, diarreas y un largo etcétera.

Aparte de la ya conocida intolerancia a la lactasa, combatida por el consumo de yogures, existen otras investigaciones sobre diarreas agudas infantiles que se

logran reducir o eliminar mediante la administración de Lactobacillus GG, o de Lactobacillus rhamnosum, o de Bifidumbacterium. Con las diarreas ocasionadas por la administración oral de antibióticos son muy útiles los lactobacilos presentes en los yogures o las levaduras como la Sacharomyces de la cerveza. Otro ejemplo diferente, de tipo inmunológico: en los niños recién nacidos es usual el desarrollo de eczemas atípicos. En este caso se ha investigado la administración de diferentes probióticos a la madre en los últimos tres meses del embarazo, o inmediatamente tras el parto e, incluso, al propio niño neonato. Diversas combinaciones permiten una mejor modulación de la respuesta inmunológica con lo que el número de afectados por eczemas se reduce más del 50%. La acción moduladora inmunológica de los probióticos hace que, unas veces, la consecuencia sea el incremento de la respuesta mientras que en otras ocasiones causa su reducción. La profundización molecular de esta acción ha descubierto que está mediada por la producción de ciertas moléculas de señalización celular denominadas citoquinas. Este es un campo muy actual, ya que el último Premio Nobel de Medicina se otorgó a los investigadores que aclararon algunos de los mecanismos de las citoquinas.

SEÑUELAS. Por todo ello, no es de extrañar que cuando nos acercamos a las estanterías de supermercados, tiendas de comestibles, sustancias saludables, etcétera, existan multitud de preparados BIO, con distintas presentaciones y denominaciones, algunas realmente muy atractivas, y todas con un propósito común: convencernos de que su contenido en microorganismos probióticos les hace ser especialmente saludables. Por cierto, sus precios suelen ser sensiblemente superiores a los de otros productos más tradicionales como son los clásicos yogures.

Por tanto, es lícito que nos preguntemos ¿son la panacea los alimentos con probióticos?; ¿qué probióticos son los mejores?; ¿qué cantidad se debe consumir?; ¿los podemos tomar concentrados y puros?. Veremos que no hay respuestas simples.

En primer lugar, ya indicamos en el artículo anterior que, aunque existen centenares de probióticos potenciales, globalmente los mejores son los Lactobacillus (como el acidophilus de los yogures) que protegen más el intestino delgado y las Bifidobacterias (que protegen mejor el intestino grueso).

Que no todo lo pueden fácilmente los probióticos se podría demostrar en el caso de una infección por Salmonella (el enemigo, procedente de una mayonesa en mal estado) que se pretendiese combatir con un ejército propio de Lactobacillus acidophilus (yogur u otra procedencia). En un medio adecuado, las salmonellas enemigas se duplican cada 20 minutos mientras que los lactobacilos, nuestros soldados, necesitan 60 minutos y, para conseguirlo, su ambiente ha de ser bastante ácido. La victoria es imposible. Por razones semejantes, otros probióticos, presentes en procesos fermentativos lácteos (queso), como es el caso del Lactobacillus casei, serían prácticamente ineficaces.

RECLAMOS. Si volvemos a las estanterías de los comercios nos podemos encontrar con ciertos reclamos sobre el contenido en probióticos, con aspectos que deberíamos analizar: a) especies específicas; b) bacterias vivas; c) número diferente de especies; d) bacterias liofilizadas.

«Especies específicas». Más presente en aditivos para animales, indica que el fabricante ha sido capaz de fermentar una mezcla precisa de bacterias o de fermentar cada una de las especies bacterianas que dice que son características de un animal concreto, a fin de dosificarlas y mezclarlas sabiamente. Simplemente, NO SE LO CREA. Pretender que lo creamos sería un insulto a nuestra inteligencia.

«Bacterias vivas». Si realmente estuviesen vivas en el producto, entonces tendrían actividad metabólica y el producto se estropearía en muy breve tiempo. Lo realmente correcto, esté detenido su metabolismo por frío o por desecación, sería usar el término «viable», es decir, que una vez colocadas en el medio adecuado, las bacterias viables poseen capacidad para multiplicarse. Por ello, lo interesante es conocer el número de bacterias viables, formadoras de colonias, por unidad de peso o de volumen del producto. Desgraciadamente, esta cifra es difícil de hallarla en los envases.

«Número de especies probióticas diferentes». ¿Es mejor una mezcla de siete probióticos que otra de cuatro probióticos o que otra de dos?. No tiene por qué serlo. El número de especies diferentes tiene poca importancia, ya que será necesaria la adaptación ecológica posterior. Lo importante es que exista suficiente cantidad de alguno (uno o dos) de los probióticos con capacidad formadora de colo-

nias. Y ello es así porque para ser efectivos los probióticos deben crecer rápidamente (en pocas horas) no en las cifras de los millones de individuos sino en la de los miles de millones.

«Liofilización». Esta práctica industrial sirve para preparar grandes cantidades, conservar largo tiempo y comercializar los probióticos. La liofilización permite preparar grandes cantidades de material a bajo costo y conservable por largo tiempo. Pero las empresas suelen callar que el proceso de liofilización comercial «mata», es decir, destruye, a una alta proporción de microorganismos. Y si, en algún caso, se indica el número de microorganismos presentes en el producto liofilizado, no es normal hacerlo bien, es decir, señalando el número de bacterias viables, formadoras de colonias, tras el proceso de rehidratación, sino el número total, en el que la mayor parte son inviables.

Un caso esclarecedor ha sido un estudio internacional realizado sobre ocho de los productos más conocidos por su reclamado contenido probiótico. El mejor de ellos, realmente bueno, contaba con 4.500 millones de bacterias formadoras por gramo, a un costo de menos 8 euros por billón de bacterias. El más inefectivo poseía sólo 2 millones de bacterias por gramo, pero su costo comparativo era 80 veces superior.

Conclusiones: Son necesarias más investigaciones sobre la ecofisiología y los efectos favorables de los probióticos. Hasta tanto, para mejorar nuestra salud consumámoslos, pero no nos dejemos engañar por reclamos comerciales no sustentados en una información cuantitativa fiable.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Científicos de varias universidades americanas acaban de realizar un estudio sobre cerca de un millar de jóvenes universitarias en el que se concluye de que más del 50% han tenido algún síntoma de orden alimenticio (sin que sea necesario llegar a situaciones de anorexia o bulimia), concluyendo que la depresión y la dificultad de expresar los sentimientos propios constituyen unos de los principales factores de riesgo de los desórdenes alimenticios en las jóve-

nes con antecedentes de problemas familiares. La investigación se publica en el número de enero del Journal of Counseling Psychology.

PERCEPCIÓN MUSICAL

Se sabía que una neurona cerebral sólo responde a unos pocos tonos peculiares y que no existe un «centro musical» localizado en el cerebro sino diversas regiones relacionadas con distintos aspectos de la percepción musical. Una investigación llevada a cabo por científicos del Massachussets General Hospital y del Massachussets Institute of Technology, publicada en el número de enero de la revista Journal of Neurophysiology, ha identificado que la corteza auditiva, zona cerebral que interpreta los sonidos, con decenas de millones de neuronas, es también el lugar en el que se procesa y coordina la percepción de frecuencia y de tono de los sonidos.

PARQUES PELIGROSOS

En un artículo aparecido en el último número de la revista Annals of Emergency Medicine se llama la atención sobre los peligros de los parques de atracciones con atracciones en las que se desarrollan grandes fuerzas centrífugas que, a veces, son mayores que las que son sometidos los astronautas en las pruebas espaciales, superando los límites adecuados al cuerpo humano, lo que se está traduciendo no sólo en un aumento de procesos traumáticos en cabeza, cuello y espalda, sino en la aparición de síntomas neurológicos cuya causa hasta ahora parecía misteriosa.

PÁNICO PRIÓNICO

Ante un conflicto de naturaleza incierta, a los gobernantes se les ofrecen dos posibilidades: La primera consiste en cortar cualquier alarma, mostrando ante los ciudadanos seguridad y firmeza, sensación de control de la situación, de modo similar a como algunos padres afrontan las primeras preguntas comprometidas de sus hijos. La segunda consiste en exponer a esos ciudadanos la situación real, lo que se sabe y lo que no se sabe, para que reflexionen y cooperen de un modo maduro. ¿Qué es lo más acertado? Posiblemente, no exista una simple respuesta válida.

En el actual recrudecimiento de la crisis del popularmente conocido como mal de las vacas locas y sus cercanas derivaciones priónicas (enfermedad de Creutzfeldt-Jakob en humanos y otras diversas en humanos y animales, entre estos últimos ovejas, cerdos, ciervos, gatos, aves, etcétera) la mayoría de comportamientos de los gobernantes son encuadrables en el primer modelo, incluso con argumentos tan peregrinos como la recomendación de discriminar la carne contaminada de la no contaminada mediante la consideración de su precio.

CIENCIA. Hasta ahora, las decisiones europeas al respecto, incluso las tan importantes y recientes, están teñidas más de consideraciones políticas y económicas que de científicas. El importe de las actuaciones previstas es enorme, valorable en centenares de millones de euros. Pero muy poco de esas ingentes cantidades se destinará a la Ciencia e Investigación sobre el tema. Y, aparte de un mayor o menor acierto en las medidas

concretas, la solución al problema necesariamente tiene que pasar por su conocimiento científico, porque, desgraciadamente, lo que queda por saber respecto a la proteína infecciosa, el prión, es muchísimo en comparación con lo ya conocido. Además, es triste que los conocimientos científicos que paulatinamente se han venido logrando no se hayan traducido inmediatamente, en el pasado, en medidas eficaces, que se fueron demorando hasta que la situación se convirtió en demasiado preocupante.

El mal de las vacas locas o encefalopatía espongiforme bovina (BSE en abreviatura anglosajona) se conoce desde 1987. Antes de que los medios de comunicación abordasen masivamente el tema, en el año 1992 nos ocupábamos de divulgar científicamente el problema, en dos artículos parecidos en La verdad, titulados, respectivamente, «Las vacas inglesas enloquecen» y «¿Por qué enloquecen las vacas inglesas?». Entonces ya comenzaban las sospechas de la posible relación entre la enfermedad bovina y la humana. También eran evidentes las extrañas propiedades de la proteína prión, que no se inactiva ni destruye por el calor de la ebullición del agua en las preparaciones culinarias, ni siquiera si fuese posible alcanzar los 200 ºC en medios a presión elevada; ni por la lejía, ni por los ácidos débiles, ni por las radiaciones ultravioletas. Prácticamente es resistente a todo. Pues bien, sólo en el Reino Unido murieron víctimas de la enfermedad cerca de 200.000 ejemplares vacunos y más de 4 millones fueron sacrificados e incinerados. Casi, simultáneamente, las exportaciones británicas de vacuno superaban, en 1995, las 246.000 toneladas. Y no fue hasta marzo de 1966 cuando se decretó en Europa la prohibición de importación de reses bovinas o carne procedentes del Reino Unido.

INFECCIÓN. Normalmente, en el proceso de la digestión, las proteínas de nuestra dieta son hidrolizadas, desmenuzadas, hasta sus aminoácidos constituyentes. ¿Entonces, cómo puede escapar el prión a este destino y llegar a infectar al tejido nervioso cerebral?. La explicación radica en que en la parte inferior de nuestro intestino delgado existen zonas de nódulos de células linfáticas que forman haces o parches, los parches de Peyer, así denominados en honor de Hans Peyer un anatómico suizo del siglo XVII.

Estos nódulos redondos u ovales situados en la mucosa intestinal poseen una función inmunológica hacia los microorganismos. Pues bien, las proteínas priones aprove-

chan esas estructuras y son fagocitadas por células linfoides, que pueden trasladarse a otros lugares linfoides como nódulos, bazo y amígdalas. Allí, el prión (que es una proteína normal pero que, transformada, en una forma conformacional determinada se convierte en una forma infecciosa) actúa infectivamente y se replica. Muchos de esos sitios linfoides están inervados, por lo que el prión puede alcanzar los nervios y propagarse por ellos hasta la médula espinal y el cerebro, donde lentamente (a veces con incubaciones que duran bastantes años) se produce el proceso neurodegenerativo que conduce al aspecto espongiforme observable en los cerebros enfermos post-mortem.

Un grave problema es el de la detección o análisis de los animales o personas afectadas. Hasta ahora, sólo es posible realizarlo post-mortem, aunque aparte del examen histológico del cerebro, desde hace algo más de un año se dispone de un método más adecuado, también post-mortem, del cerebro, el ensayo Prionic, desarrollado por científicos de la Universidad de Zürich y la empresa Prionics, ensayo determinado como obligatorio por la Unión Europea en algunos casos, pero con limitaciones evidentes: no sirve para animales vivos, sino sacrificados, no existe una buena red de laboratorios especializados, las muestras han de ser trasladadas, frecuentemente a centenares de kilómetros de distancia, esperar los resultados y, mientras, los animales sacrificados no deben ser comercializados. Por ello, los problemas de infraestructura que se plantean son enormes.

Sin duda, un avance importantísimo para el conocimiento y control de las enfermedades priónicas sería disponer de un procedimiento analítico aplicable a muestras (como sangre) procedentes de animales y personas vivos, asintomáticos o no. En Estados Unidos esta semana se ha anunciado un gran esfuerzo en tal sentido. Biolabs Inc. junto a Prion Developmental Laboratories Inc. han realizado una inversión de varios millones de dólares en este proyecto y han incorporado al mismo a un buen número de prestigiosos investigadores de diversos campos, encabezados por Robert Gallo, el gran experto en el VIH y SIDA, corresponsable de las pruebas de detección. Esperan tener resultados positivos en un plazo prudencial de tiempo.

INCÓGNITAS. Ante la situación actual, ¿cómo reaccionar?. ¿Estamos ante el comienzo de una nueva epidemia contra la que no tenemos remedios eficaces para luchar?. ¿Se han controlado y anulado ya la mayor parte de los peligros exis-

tentes?. Posiblemente ninguno de los dos extremos sea cierto. Lo evidente es que se necesitan muchas investigaciones y científicos dedicados a aclarar incógnitas o hechos como los que se enumeran a continuación, que no suelen ser comentados por los responsables políticos y/o sanitarios:

1. Grado de infectividad de la sangre usada para transfusiones, procedente de afectados humanos de enfermedades priónicas, en estado aún presintomático; 2. Aparte de como alimentos, otros productos bovinos se utilizan en medicamentos, vacunas, cosméticos y otros productos de consumo: ¿qué grado de peligro representan?; 3. Algunos datos de las pruebas Prionic apuntan que por cada animal positivo que ya tenía síntomas externos evidentes de la enfermedad, otros 100 animales también son positivos, aunque no presentan síntomas anormales externos, es decir, son presintomáticos. Por tanto, ¿cuántos animales, a los que no se les realizan pruebas, son presintomáticos, y serán sacrificados y comercializados?; 4. Entonces, ¿por qué no extender las pruebas diagnósticas a un buen muestreo de rebaños «normales», a fin de conocer fielmente la extensión de la enfermedad?; 5. ¿Cuáles son realmente los órganos y tejidos transmisores de priones?; 6. La leche se excluye siempre, pero alguna investigación no es tan tajante al respecto; 7. Otra cuestión es la de cuántas víctimas Creutzfeldt-Jakob no son contabilizadas como tales en la actualidad, sino bajo la denominación genérica de Alzheimer, al no investigarse adecuadamente la causa de su fallecimiento; 8. El problema de otros animales, principalmente las ovejas. En estos animales su enfermedad priónica se conoce desde hace muchísimo tiempo y es bastante endémica en casi todo el mundo (excepto Australia y Nueva Zelanda) con un porcentaje de animales afectados relativamente alto. ¿Constituyen algún peligro?. Algunas investigaciones indican que el riesgo de transmisión animal-hombre también existe partiendo de ovejas; 9. Como contrapartida esperanzadora a todo lo anterior, se deben confirmar los datos existentes que apuntan a que mientras la infección intra especie es muy eficaz, la ínter especie lo es muchísimo menos, lo que puede hacer menos peligroso para el hombre la existencia temporal, hasta que se elimine, de la enfermedad en animales concretos.

Conclusión: Evidentemente, nunca existe el riesgo nulo. Pero el existente se podrá reducir notablemente si se favorece que la Ciencia logre contestar a estas y otras muchas interrogantes existentes sobre las enfermedades priónicas.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

En el último número de la revista Archives of Ophtalmology se publica una investigación realizada en la Universidad de Wisconsin, sobre más de 3.000 personas, que demuestra que los individuos que durante más de diez años han tomado suplementos vitamínicos de vitamina E y de vitamina C reducen en un 60 por ciento su riesgo de sufrir cataratas, respecto a los que no toman esos suplementos vitamínicos. El efecto protector está ligado a que el consumo se realice durante un plazo dilatado de tiempo.

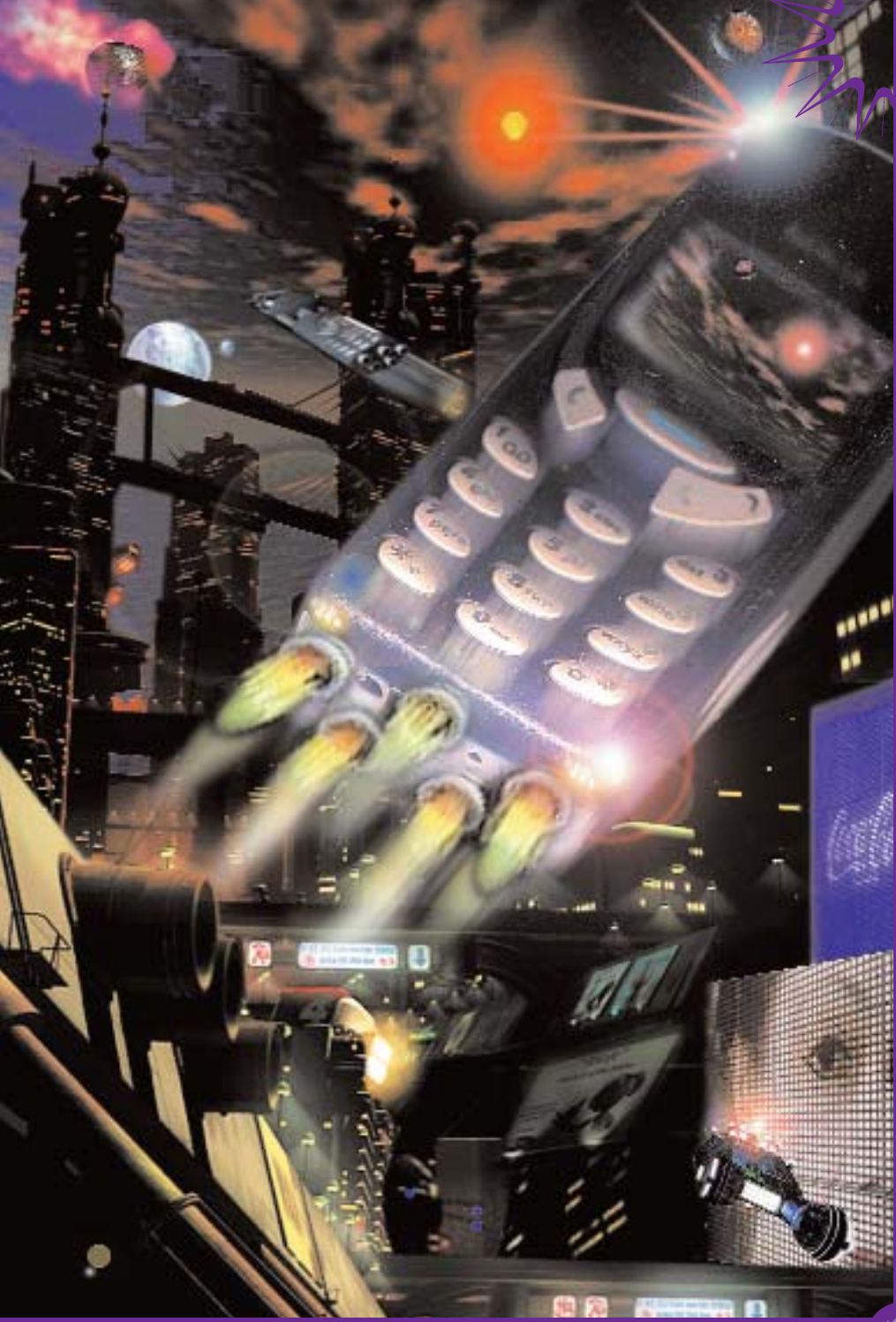
PRIONES

En Internet se encuentran numerosas páginas de las Universidades, Centros de Investigación, Organizaciones o personas que ofrecen información respecto a los priones y sus patologías. Entre todos ellos hay que destacar la del Web oficial británico sobre la BSE, en la dirección http://www,mad-cow.org/. Está auspiciado por la Sperling Biomedical Foundation. Lleva recibidas más de setecientas mil visitas y contiene unos siete mil artículos científicos sobre todo los tipos conocidos de enfermedades priónicas, estructura, biología molecular y genética de los priones, etcétera.

OBESIDAD Y DIABETES TIPO II

Su relación es bien conocida. La causa de la relación ha sido estudiada por investigadores del Hospital San Vicente de Paúl de París, en colaboración con una empresa biotecnológica. Se trata de unas variaciones genéticas localizadas en el cromosoma 11, que afectan a las porciones de ADN conocidas como VNTR. El descubrimiento podrá ayudar a predecir qué obesos jóvenes son propensos a desarrollar diabetes de tipo II. También es el punto de partida para investigar los mecanismos moleculares de la regulación de producción de insulina.

Tecnología



© PACO HERNÁNDEZ

INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO, RETO INAPLAZABLE

Por Ángel Ferrández Izquierdo
Vicerrector de Innovación y Desarrollo. Univ. de Murcia

La tan manida I+D (Investigación y Desarrollo) ha pasado a mejor vida; de hecho, ha quedado obsoleta. Como toda moda que se precie, ha pasado su tiempo y ha realizado su papel. Pero ya ha sido sustituida por la I+DT+I (Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación). Y, si queremos estar a la última, podemos simplificar a D+I (Desarrollo e Innovación).

No obstante, y puesto que las siglas I+D ya forman parte de la cultura colectiva, mantendremos este acrónimo para situarnos en el marco de las últimas tendencias de la Comisión Europea (CE) relativas a destinar recursos humanos y materiales a Innovación y Desarrollo. Son las dos palabras clave que van a marcar la pauta en la política de la CE relativa a lograr el acercamiento de las regiones más desfavorecidas a aquellas otras con niveles medios de desarrollo.

REGIONES OBJETIVO 1. La CE, con su política de mejora de la cohesión económica y social, pretende promover un desarrollo armonioso, equilibrado y duradero de las actividades económicas, un elevado nivel de empleo, la igualdad entre hombres y mujeres y un alto grado de protección y mejora del medio ambiente. En el Reglamento n.º 1260/1999, de 21 de junio de 1999, del Consejo de la UE, donde se establecen las disposiciones generales sobre los Fondos Estructurales

para el período 2000-2006, se dice que tales fondos contribuirán de manera conveniente a la consecución de tres objetivos prioritarios. El objetivo n.º 1 reza como sigue: «promover el desarrollo y el ajuste estructural de las regiones menos desarrolladas», y éstas se definen como «aquellas cuyo producto interior bruto (PIB) per cápita es inferior al 75 % de la media comunitaria».

En los próximos siete años, desde la CE se pretende dar un fuerte impulso a aquellas regiones encuadradas en el objetivo n.º 1 para ayudarles a conseguir un desarrollo sostenible a través de una aplicación sistemática de políticas destinadas al estímulo de la innovación. Por desarrollo sostenible se entiende que ha de ser duradero en el tiempo y eficaz, tanto en la creación de puestos de trabajo estables como de mejora de las condiciones económicas, laborales y sociales de los trabajadores. No es tan fácil, sin embargo, precisar el concepto de innovación.

INNOVACIÓN. La idea y uso de innovar suele estar al cabo de la calle, en el sentido de entender la innovación como la modificación de algo para hacerlo novedoso. Basta abrir el Diccionario de la Lengua Española, R.A.E. vigésima primera edición, para leer que innovación tiene dos acepciones: (1) Acción y efecto de mudar o alterar las cosas introduciendo novedades; y (2) Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado. Siendo esencialmente este el rasgo fundamental, conviene, con relación a los fines que se persiguen, matizar este concepto. Según el Libro Verde de la Innovación de la Comisión Europea, innovación es «sinónimo de producción, asimilación y explotación con éxito de una novedad, en las esferas económica y social, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y la sociedad». Los ejemplos abundan: puesta a punto de vacunas y medicinas, mayor seguridad en el transporte (ABS, airbags), comunicaciones más fáciles (telefonía móvil, videoconferencia), accesos más abiertos al conocimiento (CD ROM, DVD), nuevos métodos de distribución, condiciones de trabajo más llevaderas, tecnologías menos contaminantes, servicios públicos más eficaces, etc. Esquemáticamente, la innovación se traduce en tres grandes objetivos: renovación y ampliación de la gama de productos y servicios

de los mercados correspondientes; renovación de los métodos de producción, abastecimiento y distribución; y cambios en la gestión, en las condiciones de trabajo y la cualificación de los trabajadores.

LA UNIVERSIDAD. Las universidades de nuestro entorno, sensibles ante la preocupación de la CE por las regiones menos desarrolladas, y tratando de paliar esas deficiencias estructurales y coyunturales, no pueden permanecer impasibles ante la excelente oportunidad que se nos presenta de contribuir al desarrollo social y económico de nuestras regiones. El comienzo del emblemático 2000 es el momento oportuno de dar un toque de alarma para no perder el tren del progreso y del crecimiento social y económico. La idoneidad del momento se sustenta en una serie de razones que convendría recordar. El inicio del nuevo año va a suponer la aplicación de nuevos incentivos fiscales para la inversión en I+D; la apertura de nuevos paquetes de proyectos de investigación para incentivar el desarrollo regional, con financiación FEDER (Fondos Estructurales de Desarrollo Regional), hasta el 2006; la puesta en marcha del IV Plan Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, con una duración de cuatro años; así como Planes Estratégicos de Desarrollo Regional 2000-2006 y Planes de Innovación; amén del V Programa Marco de la UE, en vigor hasta el 2002. En todos ellos, son las empresas, fundamentalmente las PYME's, las que constituyen el foco de atención prioritaria en aras de lograr el tan ansiado crecimiento social y económico. Especial énfasis ha puesto la CE en el desarrollo y aplicación de los Planes de Innovación, por lo que ello supone de semillero de nuevas empresas (basadas en desarrollos tecnológicos al amparo de grupos de investigación universitarios), aplicación de nuevas tecnologías, y mejora de productos, procesos, servicios y condiciones de vida. Resulta muy significativo que el año bursátil se haya abierto con la inauguración de un nuevo índice sectorial de cotización denominado «Nuevas Tecnologías».

Tenemos siete años para recuperar el terreno perdido. A partir del 1 de enero de 2007 los Fondos Estructurales irán destinados a los países de la primera ola de ampliación (Hungría, República Checa, Polonia, Eslovenia y Estonia), y algunos de éstos parecen estar integrados ya igualmente bien, o incluso mejor, en las redes

mundiales de producción que algunas regiones de la UE actual. Nuestras referencias deben ser Alemania, Francia, Italia y Reino Unido. No valen comparaciones interesadas y engañosas con Irlanda, Grecia o Portugal, pues a la postre todavía podríamos quedar malparados, ya que los últimos datos revelan que España está a la cola de la UE en todo lo relativo a innovación. La apuesta por la competitividad, la calidad y la productividad pasa por la innovación. La mayoría de los sectores sociales estamos implicados, en los próximos siete años, en una especie de responsabilidad compartida para afrontar el futuro inmediato. Los niveles de compromiso, obviamente, no son iguales. El verdadero reto está en saber aceptar seriamente cuál es el de cada uno.

OPINIÓN

Según el Informe COTEC 1998, el 76,8 % de los españoles tiene una opinión «buena» o «excelente» acerca de los efectos positivos que ha tenido el desarrollo y uso de la tecnología en los últimos cincuenta años. Por lo que se refiere a la valoración sobre los grupos sociales que más han contribuido a la mejora de la calidad de vida y el bienestar social, en una escala de 0 a 10, los médicos puntúan 8,78, los científicos 8,50 y los ingenieros 7,91.

REGIONES OBJETIVO 1

Un objetivo proritario de la Comisión Europea es promover el desarrollo y ajuste estructural de las regiones más desfavorecidas. Entre otras, la CE incluye las comunidades autonómas de Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura, Murcia y Valencia. Para no herir susceptibilidades, la CE ha pretendido ser elegante al referirse a ellas como «regiones de objetivo número 1», por no decir regiones pobres. Pero en todos los casos, los principales indicadores económicos (renta per cápita, ganancias medias mensuales, tasa de paro, productividad) se encuentran muy alejados de la media europea.

CONOCIMIENTOS

La innovación debe surgir, seguramente, de la propia empresa a través de la experiencia del día a día, pero la generación o creación de conocimiento que ella supone es más que probable que haya que buscarla fuera. La principal fuente de generación de conocimiento está en las universidades, las cuales están haciendo un encomiable esfuerzo por abrirse a la sociedad y demostrar que son capaces de dar respuesta a las demandas que de ellas se exige. La cultura científica está calando en los más diversos sectores conscientes de que los avances científicos y tecnológicos contribuyen a conseguir mejores condiciones de vida de los ciudadanos.

FRAUDES Y CIENCIA EN EL ARTE

La falsificación y el fraude artístico han constituido desde siempre una de las aficiones más constantes de los humanos. ¿Qué puede hacer la Ciencia para combatirlos?. Las nuevas técnicas analíticas, destructivas o no, son sensibles y precisas pero no lo resuelven todo.

Los antiguos romanos adoraban el arte griego y toda la ciudad imperial se encontraba repleta de originales griegos y de laboriosas reproducciones o falsificaciones de los mismos. Algunas de ellas eran tan excelentes que Thomas Hoving, ex-director del Metropolitan Museum of Arts de Nueva York, escribía no hace mucho tiempo que «Hoy es casi imposible distinguir entre lo que es genuinamente griego antiguo y lo que constituye una falsificación romana».

FALSIFICACIONES. En el Renacimiento los europeos se dedicaron, a su vez, a copiar el arte romano (joyas, monedas, inscripciones) y era una práctica usual que los maestros pintores firmasen como suyos trabajos realizados por sus empleados y aprendices. Y todos hemos leído fascinantes historias relacionadas con el expolio de obras de arte en los yacimientos arqueológicos o con motivo de las ocupaciones militares recientes, por ejemplo por los soldados de la Alemania nazi o por los de la Unión Soviética.

¿Cuántas obras artísticas se roban o falsifican?. Es difícil obtener cifras fiables pero todos los expertos piensan que lo son en porcentajes muy altos. Un ejemplo

individual fue el de Stephen Blumberg, quien consiguió adueñarse de todo tipo de objetos artísticos, de modo que el FBI, solamente en su casa, pudo localizar miles de ellos, con una valoración superior a los cinco millones de euros. Y el mismo Thomas Hoving, antes citado, aseveraba que en el prestigioso Metropolitan Museum of Arts de Nueva York, más del 40 % de sus obras no son realmente lo que se indica que son.

¿Cómo luchar entonces eficazmente contra las falsificaciones?. ¡Eureka!. El mejor precedente histórico del uso de la Ciencia para esa lucha es, sin duda, el del matemático griego Arquímedes quien usando métodos no destructivos, como el del desplazamiento del agua, al sumergir un cuerpo, con el consiguiente cálculo de su densidad, pudo demostrar que un joyero había estafado al rey de Siracusa al fabricarle y venderle una corona como oro puro siendo como era una aleación con plata.

ANÁLISIS. Actualmente disponemos de un amplio arsenal de técnicas muy sofisticadas para poder profundizar en todas las características de una obra de arte y conocer si su realidad se corresponde con la apariencia. Son técnicas desarrolladas con otra intencionalidad, pero que se pueden aplicar en investigaciones concretas, tales como las siguientes: a) isótopos de carbono, para determinar la antigüedad; b) fluorescencia de ultravioleta, para descubrir reparaciones y alteraciones; c) microscopia de luz polarizada, para realizar análisis de pigmentos y colores; d) análisis de infrarrojo, para detectar pinturas previas sobre el soporte estudiado; e) rayos X convencionales, para detectar trabajos anteriores por debajo de la superficie; f) difracción de rayos X, es decir, estudio de cómo el objeto modifica la dirección de los rayos X, para analizar componentes cristalinos en los pigmentos; g) fluorescencia de rayos X, es decir, incidir sobre el objeto una radiación que le haga emitir rayos X; h) análisis de activación de neutrones. Estas dos últimas técnicas, por su modernidad y eficacia, merecerán un comentario particular.

En cualquier caso sean cuales sean las técnicas utilizadas todas tienen una misma limitación: no servirán para demostrar inequívocamente que un determinado artista realizó la obra de arte. Pero lo que sí pueden hacer es una prueba

negativa, por ejemplo, aclarando que los materiales utilizados en la obra de arte analizada no estaban disponibles en la época o lugar en el que un presunto autor estuviese situado.

No hace mucho tiempo, tras un detenido examen científico de las pinturas atribuidas a Rembrandt, la Asociación Holandesa para el Avance de la Investigación Pura, llegó a la conclusión de que al menos la mitad de ellas no podrían considerarse, con los criterios actuales de autoría, como obras suyas. En este caso no se trata, estrictamente, de un fraude sino del reflejo de una situación pasada en la que era usual que los jefes de los estudios dirigiesen y firmasen los trabajos de los aprendices.

TECNOLOGÍAS. La tecnología de activación neutrónica se basa en usar haces de neutrones acelerados energéticamente en un reactor nuclear para hacerlos incidir sobre la muestra analizada. Algunos átomos de los elementos constituyentes de la muestra son alcanzados por esos neutrones y se convierten en isótopos concretos, cuya descomposición va paralela a la emisión de rayos gamma, con una energía que es característica del isótopo y sirve para identificar a tales elementos, cuya concentración depende de la intensidad de los rayos gamma emitidos. La técnica permite utilizar muestras muy pequeñas y se pueden identificar componentes en proporciones tan mínimas como las de partes por billón. Entre sus aplicaciones ha servido para conocer la procedencia geográfica exacta de los metales usados para fabricar utensilios hallados en lugares arqueológicos, la de las arcillas de las cerámicas, determinar las técnicas utilizadas para el trabajo con metales, etcétera.

En cuanto a la fluorescencia de rayos X también opera con muestras pequeñas, con la ventaja de no depender de la existencia de reactores nucleares. Puede discriminar si los objetos de metales preciosos son o no antiguos, si los pigmentos de una pintura son demasiado modernos para la fecha sospechada o si se ha utilizado algún material moderno. Para conseguir la emisión de los rayos X la muestra puede bombardearse con rayos X de alta energía o con protones de alta energía, tal como se usa en el Louvre y otros lugares.

Finalizaremos refiriéndonos a un ejemplo concreto de la utilidad de la James

Watson aplicación de esta técnica sobre la obra «La fiesta de los dioses» del pintor veneciano Giovanni Bellini. Ello permitió descubrir varios hechos: durante su ejecución, finalizada en 1514, el pintor modificó sustancialmente las figuras y el paisaje; tras la muerte de Bellini, en 1516, la composición fue alterada, posiblemente por Dosso Dossi, un artista de la Corte de Ferrara; además, en 1529, muy posiblemente Ticiano, repintó el paisaje, con una nueva montaña y un cielo azul ultramarino.

CITOQUINAS

Las citoquinas son centenares de pequeñas proteínas que facilitan multitud de procesos diferentes, desde cicatrizar una herida, combatir contra los virus o luchar contra los tumores. Se parecen a las hormonas en el hecho de ser capaces de desencadenar diversos procesos bioquímicos, pero difieren en que son producidas por casi todas las células del cuerpo, no por órganos específicos. Una simple citoquina puede realizar muchas tareas diferentes y, simultáneamente, muchas diferentes citoquinas pueden servir para una misma función. Para conocer más sobre estas interesantes proteínas, en Internet se puede consultar una enciclopedia online específica para ellas en http://www.copewithcytokines.de.

GENES

Está a punto de completarse la secuencia del genoma humano, pero ¿cuántos genes tenemos?. Tras una muy importante reunión científica en Cold Spring Harbor, en la que se discutió sobre ello las cifras variaron desde los 28.700 propuestos por el Dr. Weisenbach a los 153.478 defendidos por un científico de la empresa Incyte Genomics. El número exacto probablemente no será conocido con cierta seguridad hasta el año 2003. ¿Qué hacer hasta entonces?. Los científicos de la reunión decidieron apostar (un dólar por apuesta) y esperar. El ganador que se llevará el bote y un ejemplar encuadernado en cuero y firmado por su autor, del libro La Doble Hélice, del Premio Nobel James Watson.

BIOCIENCIA

En Barcelona se está construyendo un parque de investigación biomédico con una inversión cercana a los sesenta millones de euros, simultáneamente al estudio de la creación de un gran biocentro en la Universidad de Barcelona. La apuesta catalana por las biociencias se ha visto reforzada por la reciente financiación de 30 puestos nuevos en este campo en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona. El Dr. Beato, un biólogo celular catalán que habitualmente investiga en la Universidad alemana de Marburg, y que está contratado dos meses al año por la Universidad Pompeu Fabra, opina que «Cataluña le está mostrando el camino a España». ¿Serán capaces de verlo así en las otras Comunidades Autónomas?

EL MENTIROSO PRESIDENTE CLINTON

Lope de Vega debió de poseer unas excelentes dotes de observación, como atestigua con la frase que incluye en la escena III del acto II en su obra El Guante de Doña Blanca: «Que no hay una diestra mentira que no se venga a saber»

¡Cuánto no habría de saber nuestro mayor dramaturgo sobre mentiras!. La constante contradicción entre su vida irregular, repleta de múltiples y continuados escándalos amorosos, y sus fervores religiosos, forzosamente le tuvieron que convertir en un gran experto en el arte del disimulo y de los sistemas de descubrir las mentiras. Lo curioso es que unos 400 años después que Lope de Vega lo plasmara tan certeramente, en la frase anteriormente recogida, diversos y reputados grupos científicos han llegado exactamente también a la misma conclusión. Entre ellos los investigadores de la Fundación de Investigación sobre el Gusto y el Olor de Chicago, en un trabajo presentado en una reciente reunión de la Asociación Americana de Psiquiatría. O los investigadores del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Oklahoma, en sus estudios presentados con motivo del también recién celebrado Congreso Anual de la Academia Americana de Neurología.

GESTOS. Se ha discutido mucho desde hace tiempo sobre si las señales corporales no verbales son innatas, transferidas genéticamente, aprendidas, o adquiridas de alguna manera. La conclusión es que hay gestos de todas las clases posibles. Por ejemplo, hace bastante tiempo que el científico alemán Eibl-Eiesfeldt observó que la sonrisa de los niños nacidos ciegos y sordos se produce a pesar

de que no hayan podido aprenderla por imitación. Y ya Darwin había expresado opiniones bien definidas sobre la existencia de gestos innatos.

Aparte del lenguaje verbal existe otro corporal, de gestos más o menos explícitos. Cuando se miente, ¿es posible mentir (disimular) simultáneamente con el lenguaje del cuerpo?. En general, la respuesta es negativa, aunque pueden existir diversas matizaciones dependientes de la destreza en la simulación. Entonces, si es difícil el disimulo corporal, ¿cuáles son las señales corporales, los gestos, que delatan la mentira?. Uno muy evidente suele darse en los niños, quienes, tras mentir, inmediatamente tienden a taparse la boca con las manos, en un intento cerebral tardío de que las palabras no salgan al exterior.

Al ir haciéndose adulto el gesto de la persona se hará menos claro y más refinado, pero seguirá conservándose. Posiblemente ya no se trate de que la mano cubra la boca y el dedo pulgar oprima la mejilla. Puede transformarse en un tapado parcial de la boca con algunos dedos o con el puño, pero el significado sigue siendo idéntico. Y lo mismo sucede si se trata de disimular el gesto emitiendo una ligera tos. Un buen observador no será engañado. Respecto al hecho de tocarse la nariz parece que está relacionado con que la nariz contiene tejidos eréctiles, que se activan con las señales nerviosas cerebrales generadas como consecuencias del mentir. Se trataría, pues, del conocido como «efecto Pinocho».

¿FRENTE O BOCA?. Los científicos de Oklahoma están investigando las bases neurológicas de la comunicación afectiva, cuyo conocimiento incrementaría la capacidad del médico para evaluar cómo se alteran esas funciones en enfermedades como demencias o derrames cerebrales. Para ello estudiaron las vías por las que el cerebro reconoce y procesa las emociones faciales. Participaron 40 voluntarios que, bien con su ojo derecho (cuya visión es procesada por el hemisferio izquierdo del cerebro), o con su ojo izquierdo (visión procesada por el hemisferio derecho cerebral) observaron diversos dibujos de rostros humanos que expresaban diferentes emociones localizadas en la parte superior o inferior de su rostro: felicidad, tristeza, angustia, miedo, sorpresa y neutralidad.

El resultado final fue llegar a la conclusión de que tendemos a identificar mejor las emociones mostradas en la parte inferior que en la superior del rostro. Con-

cretamente, nuestro sistema emocional social o aprendido hace que en nuestra vida usual de relación enfoquemos nuestra atención en la parte inferior del rostro, que es procesada por nuestro hemisferio izquierdo cerebral, pero también es identificada bien por el hemisferio derecho. Por el contrario, es nuestro sistema social primario o innato el que procesa la parte superior del rostro, preferentemente por el hemisferio derecho cerebral. Como los humanos aprendemos a manipular nuestras emociones faciales, para acomodarlas a las situaciones sociales determinadas, por ello, un ejemplo significativo es el de una persona, enfadada con su superior, al que le está pidiendo un aumento de sueldo, exhibiendo una sonrisa social más bien que un ceño fruncido.

Ello significa, pues, que por no observar detenidamente la parte superior del rostro de nuestros semejantes frecuentemente estamos perdiendo obvios gestos faciales que podrían ayudarnos a distinguir los verdaderos sentimientos de nuestros interlocutores.

CLINTON. En cuanto a los investigadores de la Fundación de Chicago, tras revisar los más importantes 20 libros y 64 investigaciones realizadas sobre la mentira, concluyeron con un listado de 23 signos de disimulo físicos o verbales que pueden tener utilidad práctica clínica. Por cierto, es curios que algunos de los libros analizados eran usados normalmente en el aprendizaje de los métodos de interrogatorio por organismos tales como el FBI, policía, etcétera. Entre tales signos se pueden mencionar: inclinarse hacia delante, mojarse los labios, tapar la boca, tocarse la nariz, apartar la mirada, toquetear objetos, sonrisa insincera (sin movimiento de las líneas de arrugas alrededor de los ojos), aumento de modificadores o calificadores verbales, tartamudeos, aclarar la garganta o errores de dicción.

¿Cómo comprobar científicamente el significado de esos gestos físicos y verbales?. Una aplicación concreta fue la de comparar minuciosa y científicamente vídeos de diversas intervenciones del presidente Clinton, en los que obviamente decía la verdad, en relación con su testimonio ante el Jurado de acusación, cuando negó cualquier relación con Mónica Lewinsky (testimonio que posteriormente tuvo que admitir que era falso).

¿Cuáles fueron los resultados obtenidos por los científicos de Chicago?. En las

cintas en las que mentía resultaron muy incrementados 20 de los 23 rasgos o señales previamente escogidos. Comparando las declaraciones no veraces con las veraces ello se tradujo en incrementos de un 100% de inclinaciones, un 355% de tragos de agua o de saliva, un 250% de contactos de la mano con la cara, un 219% en rehuir la mirada, un 402% en calificadores y modificadores verbales, un 1.733% en errores de dicción o un 1.444% en tartamudeos. Es decir, que, de acuerdo con Lope de Vega, no hay mentiras diestras.

Pero, aparte de esta anécdota presidencial, lo importante es poder desarrollar sistemas útiles para descubrir si se está mintiendo ya que, por ejemplo, en muchas situaciones psiquiátricas sería muy útil para el médico conocer si el paciente está diciendo la verdad o engañando. Por otra parte, en alguna psicosis el paciente puede mentir, pero realmente cree que es verdad lo que dice por lo que, en estos casos, sus gestos conductuales serían los correspondientes a la verdad.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Buenas noticia para esta época del año en la que apetece tomar una fría jarra de cerveza para combatir el calor. Según una investigación realizada sobre casi 1.000 personas, en el University College de Londres, publicada en el último número de la revista British Medical Journal, la ingestión de una cerveza diaria reduce un 62% el riesgo de un ataque cardíaco respecto a los abstemios totales. Pero, ¡atención!, si el consumo se aumenta a varias cervezas al día el riesgo vuelve a subir a los valores normales. El efecto favorable se atribuye a la ingesta de cantidades moderadas de alcohol más que a otros componentes.

MUERE CUMULINA

Cumulina, un ratón hembra, se hizo famosa tras su nacimiento el 3 de octubre de 1997 ya que se trataba de la primera ratón clónica obtenida a partir de material genético procedente de una célula adulta. Fue conseguida por los

Drs. Wakayama y Yanagimachi en la Universidad de Hawai. Ahora acaba de conocerse su muerte tras una vida normal y saludable, a los dos años y siete meses de edad. Teniendo en cuenta que la vida media de los ratones de su clase es de algo menos de dos años y que existe un debate respecto al efecto de las clonaciones sobre la longevidad, ello significa, al menos en este caso, que de haber algún efecto, éste sería el de haber alargado su vida.

FLORACIÓN

La edad de una planta, la longitud del día e incluso las perturbaciones del aire producen señales en las plantas que activan las vías metabólicas participantes en los procesos de floración. Y siguen descubriéndose nuevos genes relacionados con ello. En el número de esta semana de la revista Science unos científicos ingleses presentan que en Arabidopsis el gen CO controla parcialmente a cuatro genes no conocidos hasta ahora que participan en el proceso y que son regulados simultáneamente por otros varios factores.

LOS BIORROBOTS

¿Robots capaces de seguir las normas evolutivas de los seres vivos?. ¿Robots que desarrollan leyes de comportamiento sociales similares a las de ciertos animales?. Sin duda, en la literatura y cine fantásticos podemos encontrar numerosos ejemplos. Pero la cercanía de su posibilidad real la comprobamos en dos artículos independientes recién publicados en la muy seria y prestigiosa revista Nature.

La teoría de la evolución de Darwin, sin duda, supuso un antes y un después en nuestra concepción sobre la naturaleza y sobre los seres vivos. La potencialidad del fenómeno de la vida, en todos sus niveles, descansa en los principios evolutivos. Por ello, la posibilidad de lograr crear robots capaces de reproducirse, de fabricar nuevas generaciones de robots, que estén sometidos a las leyes de la selección natural, sobreviviendo en las siguientes generaciones sólo los mejor adaptados evolutivamente, es un hecho científico que abre unas posibilidades hasta ahora sólo reservada a las elucubraciones de las mentes más fantasiosas. Como el ejemplo de los robots evolutivos ha sido objeto de un mayor interés en los medios de comunicación, comenzaremos comentando la segunda investigación, la relacionada con el «comportamiento social» de las poblaciones de robots.

ROBOTS-HORMIGAS. El grupo investigador dirigido por Laurent Keller, de la Universidad de Lausana, en Suiza, ha sido capaz de instruir individualmente a sus robots con reglas de comportamiento semejantes a las que nos muestran las

poblaciones de hormigas. Y el resultado fue que los robots tendieron a formar grupos autónomos cooperativos que conseguían el éxito con mayor facilidad que lo hacían los robots individuales.

En su investigación usaron unos mini robots muy sencillos que se deslizaban sobre ruedas en un recinto experimental. Contaban con un nido u «hormiguero» central y fueron programados para buscar «alimento» simulado si el nivel energético global de la colonia disminuía lo suficiente. Si encontraban el «alimento» retornaban al hormiguero, y ello hacía incrementar el nivel energético de la colonia además de que, simultáneamente, les permitía recargar sus baterías. Por tanto, el nivel energético global resultaba ser dependiente del tiempo total que cada robot individual usase para estar «en casa» o para buscar comida. Entonces, los investigadores introdujeron la variante de dotar a las «criaturas» de algunos de sus hormigueros de la capacidad de comunicarse con sus compañeros de nido, para así poder comparar los resultados obtenidos con los de los nidos en los que sus pobladores no podían comunicar entre sí.

En los casos seleccionados de «hormigueros» en los que era posible la comunicación, cuando un robot-hormiga encontraba dos fuentes de alimento próximas, una de ellas la llevaba al nido, tras lo cual retornaba y conducía a otro robot compañero al alimento restante. Por tanto, se trataba de un modelo de «reclutamiento social», similar a otros muchos que biológicamente son muy usuales en la vida animal real.

Los resultados obtenidos los podemos imaginar: las colonias de mini robots, dotados de la capacidad de comunicación y colaboración, fueron mucho más eficientes en la obtención de energía que las colonias de robots hormigas incapaces de esa comunicación.

ROBOTS EVOLUTIVOS. Por su parte, Hod Lipson y Jordan Pollack, de la Universidad americana de Brandeis, en Massachusetts, han creado un sistema que puede hacer formas robóticas «vivas», adaptativas, evolutivas, sin intervención humana. Ello contrasta con el hecho de que hasta ahora, los robots diseñados por los humanos sólo suelen funcionar bajo unas condiciones muy específicas y con una capacidad muy limitada para adaptarse a situaciones cambiantes. A la falta de versatilidad suele unirse también su alto costo de desarrollo.

Con un ordenador especialmente programado, Pollack y su colega Lipson, han

combinado técnicas de computación evolutiva con otras de fabricación automatizada. El programa diseña simulaciones a partir de puntos y líneas y luego los «solidifica» como articulaciones y tubos, dando forma a unos pequeños robots blancos de 20 cm constituidos por tubos, impulsores, juntas, motores y circuitos. Sus «neuronas» y «músculos» artificiales son sencillos tubos, que pueden ser rígidos o bien expandirse y contraerse de forma parecida a la de los pistones. Los elementos esqueléticos, rígidos o flexibles, podían unirse entre sí mediante juntas esféricas. Las «uniones interneurales» originan sistemas de control y las «neuromusculares» dan lugar a movimientos controlados.

La máquina es capaz no sólo de realizar el diseño, sino también su fabricación, aunque, respecto a ésta, por ahora, hubo necesidad de una pequeña intervención humana consistente en la inserción de los motores en las formas plásticas correspondientes. ¿Y cuál es la misión de estos robots?. Simplemente la de poder desplazarse del modo más eficaz posible sobre la superficie de una mesa.

EVOLUCIÓN. El ordenador fue programado para realizar los diseños, indicándole qué partes se podrían utilizar, las leyes físicas del ambiente en el que habrían de desplazarse sus criaturas así como que su objetivo final era el de la locomoción eficaz, todo ello con criterios evolutivos para que sólo fuesen capaces de sobrevivir los diseños más eficaces.

Trabajando a gran velocidad, durante varios días, la máquina fue capaz de recorrer un proceso semejante al que podría corresponder a millones de años de evolución y desarrolló una enorme cantidad de diferentes métodos de movimiento y de diseños. Algunos de los diseños se movían deformando sus cuerpos, como las orugas y serpientes, otros se arrastraban, y otros saltaban o daban pasos usando un número variado de extremidades. Los mejores diseños sobrevivieron y pasaron sus rasgos a las generaciones futuras. Los menos eficaces terminaron su evolución con su extinción, de modo semejante a las especies biológicas que hoy conocemos sólo por sus restos, como los dinosaurios. Finalmente, tras unas 600 generaciones evolutivas, con pequeños cambios en cada uno de los individuos creados, la máquina produjo tres modelos finales de robots. Estos modelos fueron construidos, también automáticamente, en plástico blanco, con una máquina que

comercialmente se usaba para producir prototipos, resultando ser capaces de desplazarse muy eficazmente sobre la superficie de la mesa de experimentación.

Aunque el análisis del contenido y las consecuencias de esta investigación puede ser muy amplio y complejo, merece destacarse como característica principal que los diseños evolutivos informáticos condujeron a modelos con simetría plana, con un lado izquierdo y otro derecho, como imágenes en el espejo entre sí, es decir, el mismo resultado que presentan los seres vivos evolucionados superiores. Recordemos que, tras la aparición de la vida en la Tierra, durante unos tres mil millones de años la evolución transcurrió muy plácidamente, hasta que al comienzo del periodo Cambriano, hace unos 535 millones de años, en «sólo» 35 millones de años, tuvo lugar una inmensa explosión evolutiva que dio lugar a las formas más modernas de vida, pasando de simetrías centrales (estrella de mar, organismos unicelulares) a las simetrías de tipo plano. Ese paso evolutivo lo ha dado el ordenador de Pollack y Lipson en unos días. Se abre, pues, un campo fascinante de investigación.

UNA DÉCADA

La opinión de Laurent Keller es que en un plazo de diez años los científicos podrán fabricar robots capaces de auto replicación y de poder adaptarse a los diferentes ambientes locales. Estos robots podrían ser de utilidad en los campos de minas o en zonas contaminadas con radiactividad. Asimismo, esas cualidades podrían ser muy adecuadas en robots que hubieran de situarse fuera del control humano, en ambientes poco familiares, como podrían ser las de diversos cuerpos celestes sometidos a investigación, como otros planetas de nuestro sistema solar.

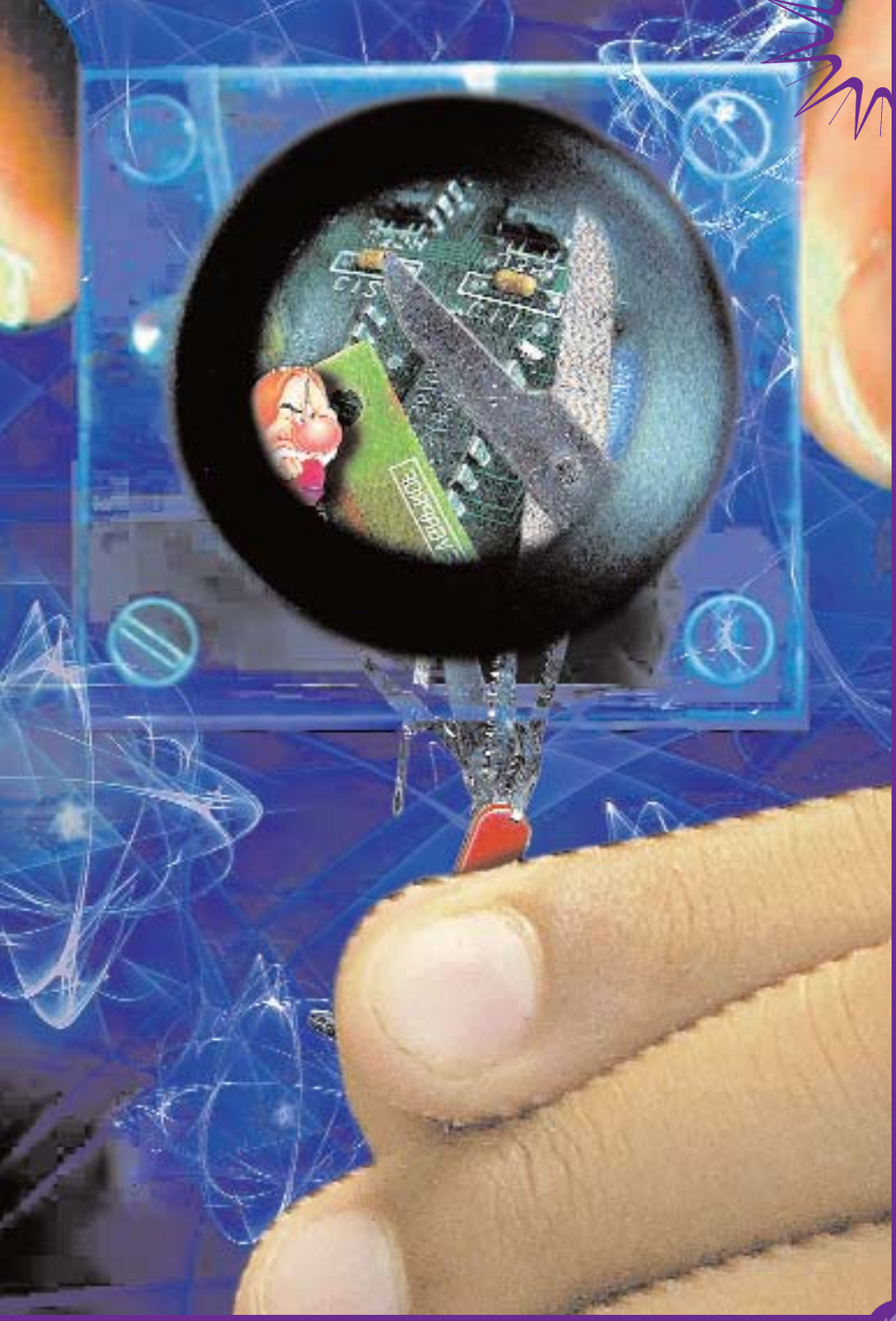
PRUDENCIA

Aunque, desde el punto de vista conceptual, los logros comentados son muy importantes, hay que ser muy prudentes respecto a su repercusión práctica actual. Maja J. Mataric, profesora de la Universidad del Sur de California y directora de los

USC Robotics Rsearch Labs, lo ha expresado así: «Muy ingeniosamente los autores han encontrado un modo de diseñar un cuerpo y de fabricarlo, lo que es una hazaña sorprendente... Lo que no está del todo claro es cómo obtener el diseño de un sensor y poder fabricarlo». Hay que tener presente que la incorporación de sensores a los robots es esencial para que su éxito o fracaso pueda transmitirse a futuras generaciones.

ANDROIDES

Joseph Bar-Cohen, director de un laboratorio de robótica de la NASA opina que «Sería fascinante si en el futuro pudiéramos tener algo como esto en el espacio, pues se podrían mandar las piezas de construcción y dejar que evolucionen por sí mismas». Pero, poniendo los pies en la tierra, no olvidemos que actualmente el desarrollo de un simple robot-aspiradora cuesta millones de euros y cada unidad tendría un precio de mercado de más de seis mil euros, con el riesgo de que no sea capaz de evitar eficazmente los choques y vuelcos. Por ello, la idea de poder plantear la construcción de un androide inteligente carece, actualmente, de sentido.



© PACO HERNÁNDEZ

Nanotecnología microliliputiense

NANOTECNOLOGÍA MICROLILIPUTIENSE

En la catedral de San Patricio de Dublín existe una tumba con un epitafio, en latín, que reza, según los deseos del allí enterrado: «Aquí yace el cuerpo de Jonathan Swift, deán de esta catedral, en un lugar en el que la ardiente indignación no puede ya lacerar su corazón».

Efectivamente, este gran escritor satírico inglés había sido nombrado deán de su catedral en 1717, pocos años antes de la publicación anónima de la que llegaría a ser su obra más famosa, «Viajes a varios lugares remotos del planeta», popularmente titulada «Los viajes de Gulliver», una amarga, desabrida y profunda burla contra la vanidad y la hipocresía de la sociedad inglesa. Crítica tan profunda que hizo que de muchas ediciones se eliminase el cuarto libro, «Gulliver en el país de los huim» en el que concluía que la compañía de los animales era más estimulante y preferible que la de los humanos. Sin embargo, otro de los relatos, «Gulliver en el país de los Lilliput», constituye un clásico de la literatura infantil con sus estrafalarios y diminutos personajes, los liliputienses.

Pero, ni siquiera una mente tan incisiva e imaginativa como la de Swift podría soñar en una realidad tan microscópicamente pequeña e interesante como la que estos últimos años la Ciencia está haciendo posible, con la construcción de máquinas, dispositivos e instrumentos nanométricos, que podrían hacinarse centenares de miles de ellos en menos de un milímetro. Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro.

PRECEDENTES. Oportunamente, la importante revista Science dedica una buena parte de su contenido de esta semana a analizar esta situación a través de diversos artículos de revisión y otras contribuciones. La pregunta inmediata, sin duda, sería la de: «¿Para qué puede servir construir instrumentos tan pequeños?». Contestaremos a la pregunta, pero previamente haremos un poco de historia.

Hacia 1820, el científico inglés Faraday descubrió que circulaba una pequeña corriente eléctrica por un hilo cuando a su largo se movía un imán: la ley de la inducción magnética. Ante la pregunta inmediata de: «¿Para qué sirve esto?», Faraday respondió con otra pregunta: «¿Para qué sirve el nacimiento de un niño?». Nadie duda que toda la tecnología eléctrica actual, que modela nuestro modo de vida, es fruto del descubrimiento de Faraday. Otro ejemplo: hacia 1948, el bi-Nobel físico teórico Bardeen, junto con otros científicos, descubrieron el efecto que posibilitó el transistor. Cuando observaron ese efecto no podían vislumbrar sus repercusiones. Pero el transistor es la base de toda la electrónica actual, ha hecho posible iniciar las aventuras espaciales, ha revolucionado las técnicas médicas de análisis, ha permitido crear la sociedad tecnológica de la comunicación, y ha llenado nuestros hogares y lugares de trabajo de una serie de asombrosos, nuevos y útiles instrumentos.

Pues bien, en 1982, Gerd Binning y Heinrich Rohrer hicieron otro descubrimiento, en principio básico, que comienza a abrirnos perspectivas aún más fascinantes. Era el Microscopio de Efecto Túnel (Premio Nobel 1986).

NANOTECNOLOGÍA. El descubrimiento consistía en que, al aplicar una diferencia de potencial minúscula, de milivoltios, entre una punta de dimensiones atómicas y una superficie, se detectaba la existencia de una minúscula corriente eléctrica túnel (de nanoamperios), no permitida clásicamente, pero sí cuánticamente. ¿Para qué podría servir eso?. No había contestación, aunque ahora sabemos que, posiblemente, sus aplicaciones revolucionarán los modos de vida de la humanidad.

Lo interesante es que al analizar la corriente, cuando la punta se movía en campo cercano, es decir, a una distancia equivalente a sólo dos o tres átomos de la superficie, y paralelamente a la misma se podían detectar, «palpar», los átomos

de esa superficie en forma de entidades singulares independientes. Tras el microscopio de efecto túnel, basándose en el mismo principio, se desarrolló otra serie de instrumentos con una característica común: la de trabajar en el rango de precisión nanométrico.

Y si podemos «ver» y «palpar» átomos individuales, también los podemos manipular individualmente, juntarlos, separarlos, usarlos para escribir con ellos, etc. Por ejemplo, con 9 átomos podríamos escribir (y reconocer posteriormente, es decir, «leer») una letra como la i, en la que un átomo sería el punto, separado una distancia de los otros 6 átomos que constituyesen el palo. Si las 25.000 páginas de la conocida Enciclopedia Británica se rescribiesen «atómicamente», sólo sería necesaria la cabeza de un alfiler. Y todos los libros existentes en el mundo, con sus ilustraciones, podrían caber en menos de 30 folios. No se trata de fantasías ni ensueños: se están abordando ya trabajos de este tipo. Pero en el laboratorio escribir una sola i es un esfuerzo que necesita días. ¿Cómo resolver el problema?. Intentando integrar (Proyecto milpiés) millones de puntas reconocedoras en un microchip electrónico.

En realidad, lo que sucede es que ahora estamos comenzando a contestar a la pregunta que se hacía, en diciembre de 1955, el Premio Nobel de Física Richard Feynman, en una conferencia pronunciada en la American Physical Society: «¿Qué pasaría si al final pudiéramos disponer los átomos del modo que quisiéramos?».

PROYECTOS. Con la nueva nanotecnología se pueden modificar las superficies y fabricar nanofilamentos y nanocontactos que puedan permitir usar densidades eléctricas un millón de veces superiores a las que puede soportar un hilo de cobre, pues su resistencia eléctrica sería no local y no serían dispositivos disipativos. Los correspondientes contactos magnéticos poseerían unas tremendas características magnetoresistivas.

En el orden químico podríamos agrupar o desagrupar átomos de características funcionales deseadas, estirar o deformar moléculas de ADN y proteínas, medir las fuerzas de sus enlaces, etcétera. O fabricar billones de chips que sean capaces de tomar un colorante y pintar una superficie, como la de un barco, «paseándose» sobre ella.

Por su parte, la industria farmacéutica ya está trabajando en la construcción de lo que se podrían denominar nanocaballos de Troya, es decir, vehículos que usando los vasos sanguíneos puedan sortear barreras como la hematoencefálica, o detectar una enfermedad en estado precoz, depositando localmente, sobre las células afectadas, una mínima cantidad del medicamento eficaz para la patología concreta, sin que resulte afectado el resto del organismo.

Para conseguir objetivos como los anteriores se necesitarían integraciones del orden de terabits (mil millones de bits) por centímetro cuadrado, correspondientes a la actual memoria de unos 200 ordenadores. Se predice que se logrará antes de 5 años. Hasta tanto, la revista Science de esta semana nos habla de lo ya conseguido: motores moleculares basados en una única molécula de enzima (ATPasa/ATP-sintasa), nanomanipuladores que trabajan según órdenes recibidas del ordenador, moléculas embebidas en membranas que al ser iluminadas producen energía química, etcétera. Como moraleja, la frase del Nobel de Física Heinrich Rohrer: «La ciencia y la tecnología no son compartimentos separables como algunos predican cuando tratan de vender como oro lo que es hojalata cubierta de purpurina».

No es de extrañar que el Consejo Nacional de la Ciencia y la Tecnología de Estados Unidos haya declarado la Nanotecnología como una prioridad básica de investigación, invirtiendo en ella el pasado año unos 300 millones de euros. Y el presidente Clinton anunció que el próximo presupuesto dedicaría más de 1.250 millones de euros. En España hay un grupo de investigadores sobre estos temas, con buen nivel internacional, pero son escasos, están dispersos, y en el nuevo Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003, la Nanotecnología brilla por su ausencia.

WALKER-TOBIAS

Organizado por el Prof. Dr. Michael Walker, director de las importantes investigaciones que se realizan en la Cueva Negra del Estrecho de Quipar y en la Sima de las Palomas del Cabezo Gordo, de Murcia, se celebrará del 6 al 9 de diciem-

bre próximo, en esta ciudad, un Simposio Internacional sobre «La Península Ibérica y la Evolución Humana», en honor del ilustre paleoantropólogo Prof. Phillip V. Tobias, de la Universidad Witwatersrand de Johannesburgo. Intervendrán una docena de expertos internacionales, aparte de los anteriores. Entre las intervenciones figuran la del Dr. Juan Luis Arsuaga e Ignacio Martínez, directores de las investigaciones de Atapuerca, que tratarán sobre «El Origen de la Mente»

¿SATÉLITES PERSONALES?

Casi, casi. En una conferencia pública celebrada los pasados días, la empresa americana One Stop Satellite Sollutions anunció que la compañía había desarrollado la tecnología necesaria para poder lanzar pequeños satélites, de alta calidad, a un costo de unos 45.000 dólares, inferior al precio de algunos automóviles de lujo. Los satélites actuales más baratos cuestan unos 4 millones de dólares. Los nuevos satélites CUBESAT, cúbicos, tendrán una vida media espacial de unos dos años y miden unos 10 centímetros de lado, suficiente, dado el grado actual de miniaturización de instrumentos, para poder realizar múltiples tareas específicas.

MINIFUSIÓN

Más miniaturización. Investigadores americanos del proyecto MTG (Magnetized Target Fusion) han señalado que se vislumbra la posibilidad de realizar experimentos de fusión nuclear a pequeña escala, en un volumen equivalente al de una lata de cerveza, produciendo una inmensa cantidad de energía de modo similar a la originada en el Sol. Para ello, se usará un gas ionizado a alta temperatura, en estado de plasma, que se calentará antes de su introducción en el recipiente. Tras ello, la lata y su contenido se comprimirán al someterlos a una poderosa corriente eléctrica y se producirá la combustión en millonésimas de segundos a una presión millones de veces superior a la atmosférica.

¿HABRÁ ENERGÍA PARA TODOS?

Juan Manuel Kindelán, presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, indica muy claramente la situación: «La energía es un bien escaso, los recursos para su producción no están generalizados y hay condiciones sociales que pesan decisivamente sobre su producción y sobre su distribución».

Tomando como unidad de medida una tep (tonelada equivalente de petróleo), hace un siglo la humanidad utilizaba anualmente unos 400 millones de tep. Con el modelo de civilización que hemos desarrollado nuestro gasto actual supera ya las 10.000 millones de tep. Y mientras en el mundo subdesarrollado la participación per cápita apenas alcanza la pequeña cifra de 0,1 tep (equivalentes a las necesidades nutricionales para sobrevivir), un europeo gasta 35 veces esa cantidad y un norteamericano hasta 80 veces más. Si pensamos en la previsible evolución futura de la humanidad, en la tierra que dejaremos como legado a nuestros descendientes, parece que la pregunta clave sería, pues, la de «¿Habrá energía para todos?». Y, en caso positivo, ¿será soportable el costo medioambiental de su obtención?.

SITUACIÓN. En primer lugar hemos de acudir a los datos evolutivos de nuestro pasado más reciente, a fin de predecir las posibles tendencias futuras. El crecimiento del PIB medio mundial se ha ido atemperando en las últimas décadas, pasando desde más del 5% en los 60 a una cifra del 2,5% en los 90, y los analistas creen que este último ritmo de crecimiento se conservará en las décadas ini-

ciales del siglo XXI. Como mínimo tal pauta de crecimiento también será aplicable a las necesidades energéticas.

Analicemos primeramente las reservas. Actualmente el 56% de toda la energía procede del petróleo, es decir, unos 5.600 millones de tep anuales, equivalentes a unos 43 mil millones de barriles de petróleo. Según los más recientes estudios del United States Geological Survey, las reservas actuales y las previsibles que se descubran en el futuro, pueden suponer entre 2,1 y 2,8 billones de barriles de petróleo, lo que nos indica que con el ritmo actual de consumo en menos de 50 años habremos agotado todas esas reservas con el añadido de que, conforme sean más escasas, su uso será mucho más costoso.

El carbón constituye una reserva cuantitativamente superior al petróleo pero sus costos humanos y ambientales (por ejemplo, la lluvia ácida) hacen que, por ahora, y en un previsible futuro sus usos y aplicaciones sean demasiado onerosos, por lo que no debe considerarse una solución práctica.

Las reservas de gas natural son difíciles de evaluar pero, en todo caso, son muy superiores a las del petróleo. Como su estructura química está más hidrogenada ello significa que, por unidad energética, la emisión de dióxido de carbono en su combustión es inferior a la del petróleo o el carbón. En la actualidad su extracción anual equivale a unas 2.000 millones de tep y en los próximos 20 años se calcula que su consumo se incrementará un 3% anual.

REALIDADES. Como la energía obtenible de cualquiera de estas fuentes se consigue mediante su combustión ello significa una gran producción obligada de dióxido de carbono. La concentración atmosférica de este gas se ha incrementado más de un 30% desde el comienzo de la Revolución Industrial. El ritmo actual de subida es el de 0,7 partes por millón (ppm) anuales, el 90% del incremento se debe a la generación energética y estamos situados en una cifra absoluta de 365 ppm. ¿Cuál es la contribución del dióxido de carbono al efecto invernadero, al cambio climático, al calentamiento de la Tierra?. Y, sobre todo, ¿cuáles serán las consecuencias prácticas de ese calentamiento?.

En este terreno nos solemos encontrar con posturas muy encontradas que se defienden denodadamente por sus respectivos partidarios con argumentos que

pretenden ser más o menos científicos. No vamos a entrar en un juego en el que la Ciencia aún no tiene la última palabra. Pero hemos de ser prudentes y respetuosos con nuestro medio ambiente. Sí es un hecho real que la temperatura media terrestre ha sufrido un aumento de 2 ºC a lo largo del siglo XX. También es otro dato bastante contrastable que el incremento de la concentración de dióxido de carbono parece ser el responsable de alrededor del 70% del efecto invernadero. Por ello, como mínimo, tendríamos que calificar de sensatas y acertadas todas las medidas encaminadas a sustituir las fuentes energéticas fósiles por otras energías renovables, mucho menos contaminantes. De ellas excluimos a la energía nuclear, objetivamente así clasificable, pero con unas implicaciones sociales que hacen que sea difícil su expansión. Esta tendencia de favorecer las energías renovables ya ha comenzado a notarse en la última década, con los siguientes aumentos anuales de las diferentes clases de energía: petróleo y carbón (1,4%), gas natural (2,1%), nuclear (0,6%), eólica (26%), fotovoltaica (17%).

RENOVABLES. No examinaremos diversas posibilidades a medio y largo plazo. Sólo las de corto plazo, limitándonos a recoger las recomendaciones y perspectivas existentes, posiblemente demasiado cortas de mira en cuanto al esfuerzo previsto por los diferentes gobiernos. Concretamente, en la Unión Europea, se pretende elevar en diez años la contribución de las energías renovables en la producción de electricidad desde el 6,3% anual hasta un 12%.

De modo global, mundial, respecto a la energía hidroeléctrica renovable, sus 2.700 terawatios-hora anuales suponen un 17% del total de la producción eléctrica. La intensificación de la construcción de pequeñas centrales eléctricas, aun sin la de nuevos grandes embalses, puede suponer, en el ámbito mundial, que en el año 2020 se puedan alcanzar casi los 4.100 terawatios-hora, es decir, que no se rebajaría su contribución global porcentual.

Los aerogeneradores para aprovechar la energía eólica presentan buenas perspectivas prácticas. Actualmente su ritmo de crecimiento anual supera el 36% y en términos energéticos, si se llegase al máximo aprovechamiento, podrían suponer cifras que cuadriplicasen todo el consumo eléctrico mundial existente en el año 1990. En España se calcula que, a medio plazo, podrían instalarse los equivalen-

tes a una potencia de 15 millones de kilowatios, lo cual supondría la producción anual de 34 mil millones de kilowatios-hora, es decir, una cuantía comparable a la de la energía hidroeléctrica actual.

La transformación de la energía solar debería ser incrementada, sobre todo en países como España o en regiones como las mediterráneas. En cuanto a placas solares, energía solar térmica, en la Unión Europea están instalados unos 10 millones de metros cuadrados, lo que supone un ahorro de unos 0,4 millones de tep anuales, es decir, las necesidades energéticas nutricionales de 4 millones de seres humanos. En cuanto a la energía fotovoltaica sus rendimientos siguen siendo bajos, en el rango del 9-14%, pero se espera conseguir pronto rendimientos del 30% con menos costes de producción e instalación, lo que hará aumentar notablemente el ritmo actual anual de instalaciones al año que sólo suponen una potencia de unos 100 millones de watios. La energía solar también podría transformarse en energía termoeléctrica, usando adecuadas turbinas de vapor, pero la tecnología está poco desarrollada todavía.

La biomasa como fuente de energía (biocombustibles, uso de los gases de fermentación) nos daría un balance nulo respecto al dióxido de carbono. Sus posibilidades son enormes. Y la ingeniería genética puede desarrollar múltiples aplicaciones para la obtención de productos menos costosos energéticamente. Por ello, esperemos que el legado del siglo XX, el de la sensibilidad ecológica, en el siglo que comienza se convierta en actuaciones concretas que garanticen una Tierra habitable para nuestros descendientes.

PRIMERA DÉCADA

Se pueden anticipar los principales cambios y avances energéticos a lo largo de la primera década del siglo XXI: más y mayores parques eólicos, incremento del reciclado (metales, plásticos, vidrio, etc.), avances en cogeneración, membranas de desalinización, vehículos híbridos, co-combustión de masa y carbón, mejores metalurgias del hierro y aluminio, celdas de combustible para generación con un 70% de eficacia, biocombustibles, superconductividad en grandes aplicaciones industriales.

SEGUNDA DÉCADA

Muy posiblemente los más importantes avances durante la segunda década del siglo XXI se correspondan a aspectos energéticos como: ciclo cerrado del papel, inyección de dióxido de carbono en acuíferos, celdas de hidrógeno en vehículos, diesel a partir del gas, uso de energía fotovoltaica para aplanar las puntas de consumo, reciclado total de muy diversos productos, producción de hidrógeno usando energía solar, importantes mejoras energéticas generalizadas en la edificación e industria.

TERCERA DÉCADA

Durante la tercera década del siglo XXI la humanidad debería estar familiarizada con desarrollos energéticos como los siguientes: introducción de dióxido de carbono en los océanos, usos prácticos de la energía geotérmica, generalización de transporte usando la energía del hidrógeno, sustitución de viajes por información, generalización de la energía fotovoltaica, sistemas energéticos de fisión, uso de la biomasa para muy diversas aplicaciones, incremento de la absorción natural del dióxido de carbono.

UN INVENTO SECRETO Y REVOLUCIONARIO

Los expertos señalan que pronto podría ser el hombre más rico del mundo, superando a Bill Gates. Es un científico, pero sin estudios académicos formales. El año próximo publicará un libro, por el que se han pagado unos derechos previos de edición de 250.000 dólares, sin conocer su contenido. Si se sabe que describirá un invento desconocido del que a través de Amazon.com, en Internet, ya se admiten pedidos.

Al personaje situado tras estos hechos, Dean Kamen, de 49 años de edad se le ha descrito como un cruce entre Henry Ford y Thomas Edison. No se graduó en ningún College o Universidad. Pero, en su peculiar mansión de Manchester, New Hampshire, USA, una inmensa librería está repleta de más de cien patentes y de sus títulos académicos honoríficos, doctorados honoris causa y distinciones americanas, algunas tan prestigiosas como Ingeniero del Año (1994) en Nuevos Diseños, Fellow del Instituto Americano de Ingeniería Médica y Biológica (1994), Medalla Hoover (1995) por «sus invenciones que han hecho progresar los cuidados médicos avanzados en el mundo y por su liderazgo imaginativo en la concienciación respecto a la tecnología y su importancia para mejorar la humanidad», o la Medalla Nacional de Tecnología (2000), entregada por el presidente Clinton.

EL HOMBRE. Kamen no heredó de sus progenitores el interés por la Ciencia y la Tecnología. Su padre escribía «comics» y su madre ejercía de profesora de

Bachillerato. De niño ya le gustaba leer los textos de Newton y en su etapa escolar adolescente desarrolló sofisticados sistemas de control de luz y sonido, alguno de los cuales se instalaron en Planetarios y Museos de Nueva York. Siendo estudiante le encargaron la automatización de la caída de la bola del reloj de Times Square, en el cambio de año. Antes de dejar el colegio sus ganancias superaban los 60.000 dólares anuales, más que los sueldos combinados de sus padres.

Matriculado en el Instituto Politécnico de Worcester, al cabo de cinco años sus progresos académicos eran tan decepcionantes que fue invitado a abandonarlo, cosa que hizo. Pero, simultáneamente había desarrollado uno de sus más importantes inventos, la autojeringa, inicio de otra serie de impresionantes invenciones.

Su hogar es reflejo de su pasión por la ciencia y tecnología. Es lógico que con un aerogenerador ayude al suministro energético, pero es menos normal que un carrito automático sea capaz de transportar su botella de vino escogida desde la bodega al comedor o dormitorio. Entre sus «juguetes» cuenta con un tocadiscos tragamonedas, una máquina de vapor de 25 toneladas que perteneció a Henry Ford, una habitación repleta de ordenadores, un Porsche 928 y un Humvee en un garaje, y dos helicópteros en otro garaje. El helicóptero menor lo usa para desplazarse a su empresa situada a pocos kilómetros, pero para distancias considerables pilota un avión CitationJet con dos turbohélices.

Para su vestimenta es despreocupado. Siempre es la misma, ya esté con el presidente de la nación, en una reunión con banqueros, o trabajando en sus empresas: indumentaria vaquera y, cuando es necesario, una pelliza de estilo militar. Posiblemente sea este uno de los logros menos conocidos del personaje: su inclusión en el libro Guinness de los Records por ir vestido durante más días seguidos con un conjunto vaquero. Se lo concedieron a los 14.616 días, y... sigue sumando días.

INVENTOS. Con más de 100 patentes e inventos, algunos han tenido gran trascendencia, sobre todo los de aplicación biomédica. Cuando su hermano, en 1970 estudiante de Medicina, le explicó que no existían métodos satisfactorios para proporcionar dosis estables repetitivas de ciertos fármacos (por ejemplo, insulina para los diabéticos), inventó la primera bomba portátil de suministro de

medicamentos, liberando a muchos pacientes de su dependencia hospitalaria. En 1976 creó la empresa AutoSyringe, Inc. para su fabricación y comercialización, logrando amplia difusión en aplicaciones para diversas especialidades. Pocos años después vendió la empresa a la multinacional Baxter International Co. Para desarrollar nuevas invenciones, en 1982 creó DEKA, donde actualmente trabajan unas 160 personas, especialmente ingenieros, informáticos y diseñadores. También es propietario de Teletrol, empresa fabricante de sistemas electrónicos de control climático para grandes instalaciones.

Por encargo de Baxter International, que consideraba el proyecto como prácticamente imposible, desarrolló con éxito la primera máquina portátil de diálisis, del tamaño de una guía telefónica, con lo que los enfermos dializables podían independizarse de las grandes máquinas de diálisis permitiéndoles, incluso, viajar durante la diálisis.

Posiblemente, el invento más llamativo de Kamen sea el 3000Ibot, que es un híbrido motorizado, con avanzadísima tecnología, entre un sillón de oficina y una silla de ruedas, capaz de girar sobre sí mismo, de subir y bajar escaleras normales o de empinarse sobre dos ruedas para que el pasajero pueda alcanzar con la mano objetos situados a cierta altura (supermercados, cocinas, estanterías). Además, el usuario puede desplazarse autónomamente y realizar sus actividades, en ambientes normales, sin necesidad de ningún tipo de acondicionamientos especiales: rampas, puertas, ascensores, aseos, etcétera. La prueba de fuego la realizó el pasado mes de junio el propio Kamen cuando viajó con el 3000Ibot en el Metro de París, se detuvo en la estación más cercana a la Torre Eiffel, y subió las escaleras hasta llegar al Restaurante. Con el permiso ya concedido de la Food & Drug americana el 3000Ibot lo comercializará, de forma inmediata, Johson & Johson.

EL INVENTO. ¿Cuál será el nuevo invento de Kamen motivo del libro a publicar el próximo año?. Sólo unos pocos saben algo al respecto. Entre ellos, máximos dirigentes como Steve Jobs de Apple Computers o Jeff Bezos de Amazon.com. que comprobaron cómo en diez minutos Kamen montaba el nuevo invento, bautizado como IT, a partir de sus componentes. Tras ello, Jobs dijo que los planificadores urbanos del futuro tendrán que diseñar las ciudades tomando como refe-

rencia a IT, que cambiará las vidas, ciudades y modos de vivir. Bezos insistió en que IT será un producto tan revolucionario que no habrá ningún problema en su venta. Por su parte, Kamen indicó que el invento tendrá un gran impacto, y que será una alternativa a productos que son sucios, caros, frecuentemente peligrosos y frustrantes, especialmente para los habitantes de las ciudades. Asimismo señaló que no se trataría de otra clase de instrumento médico útil.

Los principales medios de comunicación del mundo han intentado, sin éxito, saber qué se oculta tras el misterio. La última patente de DEKA, la empresa de Kamen, en diciembre de 2000 hacía referencia a dispositivos de transporte. Parece lógico que el nuevo invento esté relacionado con ello, como un sustitutivo del automóvil. Algunos llegan a opinar que se tratará de un vehículo de transporte volador que no necesitará gasolina. Otros, quizá más acertados, que se tratará de una modificación confortable, del 3000Ibot, un minivehículo urbano, unipersonal, dotado posiblemente de una máquina propulsora Stirling que usaría nitrógeno comprimido.

Con técnicas de verdadero espionaje, el último número de la revista Inside señala que se tratará de un vehículo terrestre, parecido a un escúter, con una fuente de energía no contaminante: hidrógeno. Las siguientes generaciones del vehículo se montarían con máquinas Stirling, una máquina casi de movimiento continuo que podría adaptarse a casi cualquier producto que necesite energía.

En silencio desde el pasado enero, Dean Kamen ha salido al paso del revuelo existente, indicando que el asunto se ha magnificado mucho y que las frases atribuidas a él mismo y a los responsables de Amazon.com y de Apple son muy exageradas. Pero no ha aclarado nada respecto a la naturaleza de IT. Habrá que esperar al próximo año.

OTROS LOGROS

Muchas compañías han comercializado importantes invenciones desarrolladas por Kamen. Davol lo hizo con una bomba médica de irrigación. Johson & Johson con una serie de innovadores dispositivos vasculares «stents» (para evitar obstruc-

ciones en los vasos sanguíneos). Sin embargo, las compañías farmacéuticas rechazaron un sistema autónomo automático, en el que se invirtieron millones de dólares, que ligado a los ordenadores del hospital era capaz de suministrar a un paciente hospitalizado más de 30 medicamentos diferentes, sin necesidad de ninguna intervención de personal sanitario.

OTROS PROYECTOS

Algunos de ellos pretenden colaborar en la resolución de algunos graves problemas del mundo rico (contaminación) y del mundo pobre (acceso limitado a la electricidad, contaminación fecal del agua). Por ejemplo, con varios millones de dólares donados particularmente por Kamen, un equipo de 20 ingenieros de DEKA está trabajando en una idea de inicios del siglo XIX: la máquina Stirling. Se conseguiría una máquina portátil, del tamaño de una cartera, productora no contaminante de electricidad. La electricidad, entre otros usos, podría producir rayos láser UV para potabilizar el agua. Se estima en dos años su plazo de desarrollo, con un precio de comercialización de unos 1.500 dólares.

FIRST

Estas iniciales se corresponden a la expresión inglesa equivalente a «Para la Inspiración y el Reconocimiento de la Ciencia y la Tecnología». Institución creada por Kamen, pretende motivar a las jóvenes generaciones en el conocimiento de la ciencia y tecnología. Entre otras actividades, los principales líderes industriales, científicos, educativos y gubernamentales colaboran para orientar a los jóvenes participantes en unas competiciones regulares anuales destinadas a la construcción en 6 semanas de robots eficaces, de costo inferior a 425 dólares y peso menor de 60 kilos. Este año los robots, además de ascender rampas, colgarse de barras, etcétera, han de ser capaces de coger pelotas semejantes a las de béisbol, distinguir su color y colocarlas en lugares precisos.

LA CIENCIA PRÁCTICA

Popular Science, como su nombre indica, es una revista popularizadora de la ciencia, americana y de gran tirada. Todos los años elige el invento o aplicación científica desarrollados en los últimos doce meses que pueda tener una mayor repercusión futura en nuestro bienestar. Para ello, hacen una preselección previa con 100 candidatos de entre los cuales sus lectores escogen al ganador.

Por ello, en este artículo abandonaremos los grandes avances científicos básicos que caracterizan a esta época de gran impulso científico-tecnológico y vamos a resumir las características de una docena de los inventos o aplicaciones preseleccionados por la revista y que puedan integrarse dentro de una clasificación arbitraria de energéticos, domésticos y médicos.

ENERGÉTICOS. En automoción el uso del hidrógeno como combustible presentaría enormes ventajas sobre el de los derivados del petróleo, pero la principal dificultad radica en la complicada instalación de una red de estaciones de servicios con recipientes adecuados. General Motors ha puesto en marcha su prototipo de automóvil Chevy S-10 que obvia el problema, al dotar a cada automóvil con una fuente proveedora de hidrógeno individual consistente en un dispositivo catalítico que convierte la gasolina normal en hidrógeno. Con ello se consigue una economía de combustible del orden del 50%.

El océano podría ser una fuente inagotable de energía. La isla escocesa de Islay

era ya conocida por sus excelentes whiskies de malta. Desde hace unos meses lo es por el Limpet 500, que es el primer generador comercial de electricidad del mundo, cuya fuente de energía son las olas del mar. Estas olas, en su movimiento, actúan como una bomba que comprime una masa de aire en el interior de un cilindro de unos 25 metros de largo, masa que es obligada a pasar por una turbina generadora que produce suficiente electricidad como la necesitada por unos 400 hogares.

El uso de la energía geotérmica (del subsuelo terrestre) para calefacción y refrigeración es un 60% más eficaz que cualquier sistema alternativo, pero el problema radicaba en la gran inversión que suponía la necesidad de construir una red de tuberías enterradas. Ahora, la empresa Geo Column ha desarrollado una alternativa práctica, en forma de unos cilindros compactos enterrados verticalmente y rellenos de un fluido anticongelante especial. Su comercialización será inmediata, con un costo equivalente a algo más de dos millones de pesetas, para una vivienda de unos 200 metros cuadrados. Ello es la quinta parte de lo que supondrían otras alternativas geotérmicas previas existentes.

También General Motors ha creado otro automóvil, el Chevy Siverado, con vocación de ahorro energético. Posee 8 cilindros que utiliza si es necesario, pero el montaje de una válvula electrónica especial le permite alternar automáticamente entre esos ocho cilindros o la mitad, cuatro, cuando la conducción se hace de forma más moderada. El ahorro energético supera el 10%.

DOMÉSTICOS. A lo largo del tiempo en una vivienda es necesario realizar nuevas instalaciones de cables eléctricos, de sonido, televisión, etcétera, lo que significa problemas estéticos o de albañilería. La empresa DeCorp. ha inventado una cinta cuyo grosor es inferior al de una tarjeta de visita que se puede desplegar y fijar a lo largo de cualesquiera paredes, con capacidad para conducir electricidad, teléfono, audio o vídeo. Lo mejor es que sobre la cinta se puede pintar, cubrir con papel decorativo, etcétera, sin necesidad de ningún trabajo de albañilería ni de rozas.

Recientemente la empresa Whirlpool ha presentado su Personal Valet, una especie de armario que en 20 minutos deja cualquier prenda de vestir como recién planchada y libre de olores. Lo consigue con una sustancia especial, de

nombre comercial Persiva, que cuando se calienta a poco más de 60 ºC consigue desarrugar la trama de los tejidos y vaporiza las moléculas olorosas. Lo único que, por ahora, no logra es eliminar las manchas.

Este año unos científicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos han desarrollado un material de tipo plástico que no solamente evita las pérdidas de los alimentos que se envuelven con él sino que puede actuar como saborizador. Por ejemplo, una bandeja de carne se puede envolver con un film de ese material y cuando se cocina la bandeja, con el calor la envoltura se convierte en una salsa comestible con sabor a naranja, piña, etcétera.

La moda italiana se moderniza. La casa Corpo Nove ha desarrollado un nuevo tejido «memoria metálica», con una aleación ligera especial de titanio, suficientemente flexible para poder confeccionar con ella una camisa. Si se arruga no hay problema, basta con calentarla con un secador de pelo para que recupere la memoria de su situación original. Por ahora su destino será sólo para los caprichosos o caprichosas suficientemente ricos para pagar por una de tales camisas la suma de 5.000 euros.

MÉDICOS. Cuando hay que realizar un rescate en aguas submarinas la principal dificultad es la de la profundidad, ya que los trajes habituales de los buzos únicamente les permiten bajar a profundidades de unos 300 metros. La empresa ADS HardSuit ha desarrollado un nuevo excelente traje que permite casi triplicar esa profundidad y, lo que es mejor, permite que el buzo esté en su interior a una presión similar a la atmosférica, lo que significa que puede respirar aire normal y que no sufrirá fenómenos de descompresión. El costo de cada traje es elevadísimo (más de dos millones de dólares) y el primer pedido lo ha realizado la Marina americana: cuatro unidades.

La empresa AK Steel ha conseguido fabricar un acero recubierto con una capa que contiene un compuesto antimicrobiano y fungicida. Está construyendo una vivienda-escaparate con utensilios, tuberías, picaportes, mostradores y superficies de electrodomésticos a base de este material. Se calcula que, en caso de utilización en la fabricación de electrodomésticos sólo aumentaría el precio de un frigorífico en el equivalente a unos 30 euros.

Robert Tool murió el pasado 30 de noviembre víctima de una fuerte hemorragia intestinal. Se trataba del primer trasplantado con un corazón totalmente artificial de titanio y plástico. Consiguió sobrevivir 151 días y su muerte no fue consecuencia de un inadecuado funcionamiento de ese corazón. Aunque aún no se ha aprobado su comercialización siguen realizándose ensayos clínicos con este corazón, el Abiocor, habiéndose efectuado ya seis trasplantes sobre pacientes en situación desesperada. Este corazón artificial posee dos bombas y la energía se le suministra desde el exterior, sin ninguna conexión física con el mismo.

La FDA americana ha aprobado un nuevo catéter para realizar cateterismos que en su extremo va provisto de unas miniduchas a presión por las que sale una disolución salina a presión que reblandece a los coágulos arteriales. Tras ello puede realizarse un vacío que succiona y elimina a los coágulos. Se cree que la aplicación generalizada de este nuevo tipo de catéteres hará más eficaz la lucha contra los coágulos arteriales, acelerará la recuperación de los pacientes y reducirá los costes de sus tratamientos.

AUTOMÓVILES

Cuando se llevan niños a bordo frecuentemente sus movimientos impiden la adecuada visión del conductor por el espejo retrovisor. El problema lo ha resuelto General Motors. Su coche Infinity Q45 va equipado con una pantalla en el frontal de instrumentos que ofrece una visión completa de lo que sucede tras el automóvil, tal como va recogiendo en cada momento una pequeña cámara de televisión.

RADIO

Para los amantes de la radio se trata del mayor avance tras el desarrollo de la FM. Es la radio por satélite. Su inicio comercial tuvo lugar la pasada primavera. Ya existen en Estados Unidos dos servicios en competencia que la ofrecen, con unas

100 estaciones especializadas en tipos de música, noticias, etcétera. Es digital, calidad CD, y con una cobertura sin problemas. Su éxito ha hecho que además de los equipos receptores de automóviles ya haya comenzado la comercialización del primer receptor para uso doméstico. La financiación del servicio se realiza mediante una moderada cuota mensual.

GRABADORA

La SonicBlueReplay TV400 es la primera grabadora de vídeo (digital y analógico) con disco duro y conectividad a Internet. Puede grabar en el disco duro hasta 320 horas de vídeo de excelente calidad y posee una función capaz de detectar los anuncios comerciales de TV para evitar su grabación. El modelo más económico (40 horas de almacenado) tiene un precio equivalente a unas 900 euros, mientras que el modelo de mayor capacidad (320 horas de grabación) supera los 2.000 euros.

Matemáticas Física y Química

© PACO HERNÁNDEZ

INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN: TECNOLOGÍAS

El texto del anuncio decía así: La Real Academia Sueca de las Ciencias ha concedido el Premio Nobel en Física para el año 2000, «por el trabajo básico sobre la tecnología de la información y comunicación». La mitad del premio se concede, conjuntamente, a Zhores I. Alferov (Ioffe Physico-Technical Institute, St. Petersburgo, Rusia) y a Horbert Kroemer (Universidad de Sta. Bárbara, California, USA) «por desarrollar heteroestructuras semiconductoras usadas en electrónica de alta velocidad y optoelectrónica». La otra mitad a Jack S. Kilby (Texas Instruments, Dallas, Texas, USA), «por su participación en la invención del circuito integrado».

Nuestra sociedad está cambiando radicalmente en las últimas décadas, entre otras razones por los avances logrados en la tecnología de la información, que comprende la tecnología electrónica de los ordenadores y la tecnología de las telecomunicaciones. Estos avances, a su vez, se derivan de múltiples investigaciones físicas fundamentales realizadas previamente.

HITOS. La tecnología electrónica de los ordenadores comenzó a desarrollarse, en 1960, con la invención del circuito integrado, seguido, diez años después, por los microprocesadores, cuando el número de componentes de un chip fue suficientemente grande para permitir crear microprocesadores completos. Según la ley de Moore el número de componentes de un chip se duplica cada 18 meses

(y sus precios permanecen constantes). Realmente así viene sucediendo desde 1960.

Paralelamente, ha ocurrido un avance similar en la tecnología de la comunicación, ya que, del mismo modo que el circuito integrado constituyó la base del desarrollo de la tecnología electrónica de los ordenadores, la tecnología de la comunicación ha contado con transistores ultrarrápidos y con láseres semiconductores basados en las heteroestructuras de los semiconductores, que han posibilitado el desarrollo de las modernas telecomunicaciones. Por ello vamos a recordar algunos aspectos de la aportación de los Nobel en Física del 2000 al desarrollo de las heteroestructuras (heterotransistores, láseres heteroestructurales) y de los chips y circuitos integrados.

Como premisa previa recordaremos que los componentes electrónicos usualmente se fabrican con semiconductores, un material que es intermedio entre un conductor y un aislante. De un modo elemental podemos suponer a los electrones de un material situados en sus agujeros o huecos. Para que exista conductividad es necesario que los electrones fluyan, que se separen de sus huecos, para lo cual es necesario suministrar una energía (caprichosamente vamos a denominarla energía de salto) que será mayor según la secuencia conductor-semiconductor-aislante.

HETEROESTRUCTURAS. La mayor parte de los componentes semiconductores son de silicio, pero se va incrementando la importancia de los semiconductores compuestos basados en arseniuro de galio. Un conductor heteroestructurado consiste en varias capas variadas (arseniuro galio, arseniuro de galio y aluminio, con muy diversas alternativas cristalinas) que poseen diferentes energías de salto.

Herbert Kroemer, que entonces trabajaba en la RCA (Radio Corporation of America) fue quien primero desarrolló, en 1957, un transistor heteroestructural o heterotransistor, muy superior al convencional, sobre todo en la amplificación de la corriente (del orden de 100 veces que los normales) y en aplicaciones de alta frecuencia, con ruidos muy bajos en los amplificadores construidos con ellos.

De un modo independiente, Alferov, desde el entonces Leningrado, y Kroemer, en la empresa Varian de Palo Alto, California, en 1963 diseñaron los principios de

los láseres heteroestructurales o heteroláseres, una invención al menos tan importante como la del heterotransistor. En 1969, Alferov obtuvo los primeros resultados prácticos positivos y en 1970 tuvo lugar un gran salto tecnológico cuando se consiguieron heteroláseres capaces de trabajar continuamente a temperatura ambiente. Ello hizo que se convirtiese en realidad la hasta entonces posibilidad de las comunicaciones mediante fibra óptica.

La invención del transistor se remonta a las vísperas de la Navidad de 1947 y cada vez se fueron construyendo sistemas electrónicos más complejos sobre circuitos internos. A principios de 1950 se generalizó la idea de poder colocar transistores, resistores y condensadores sobre un bloque compuesto semiconductor, es decir, construir un circuito integrado. Dos ingenieros, Kilby y Noyce lo intentaron independientemente. El reto fue más tecnológico que científico, con problemas como las diferencias de adhesión de las finas capas de oro o de aluminio al silicio, o conseguir fabricar capas densas del grosor de unos pocos átomos. Hubieron de pasar 10 años para desarrollar la tecnología precisa para la fabricación, en una única pieza y simultáneamente, de un circuito integrado. Incluso, hoy día, transcurridos 40 años, la tecnología de los circuitos integrados sigue en una fase de dinamismo fértil sin signos de debilidad. Robert Noyce murió en 1990. Jack S. Kilby ha sido uno de los Nobel de Física del año 2000.

APLICACIONES. Las de los circuitos integrados, los chips, son evidentes y nos rodean por doquier. En cuanto a las heteroestructuras electrónicas, son muy importantes científica y tecnológicamente. Aparte de otros ejemplos más comunes podemos citar algunas de sus aplicaciones. Los amplificadores de alta frecuencia y bajo ruido, con heterotransistores, se usan en comunicaciones por satélite o para mejorar la relación señal/ruido en la telefonía móvil. Los láseres semiconductores basados en heteroestructuras se necesitan en las comunicaciones por fibra óptica, en el almacenamiento óptico de datos, en las cabezas lectoras de los lectores de CD, en los lectores de códigos de barras, marcadores láseres, etcétera. Los diodos emisores de luz basados en heteroestructuras están presentes en muchas señales de precaución, por ejemplo, en las luces de frenos de los vehículos. Posiblemente su desarrollo permitirá, en el futuro, sustituir a las lámparas eléctricas convencionales.

Las heteroestructuras también son importantes en varios campos de la investigación científica. En la capa interfase entre semiconductores se forma el conocido como gas electrónico bidimensional, cuyas propiedades fueron el punto de partida para los estudios de los efectos Hall cuantificados, que merecieron el Nobel de Física de 1985 para Klaus von Klitzing y el Nobel de Física de 1998 para Laughlin, Störmer y Tsui. Y algo similar sucede con el fenómeno de la conductancia cuantificada, estudiada en muy diversos sistemas relacionados con estas estructuras.

IMPORTANCIA

Las modernas tecnologías de información y comunicación son las fuerzas motrices que está transformando la sociedad industrial en una sociedad basada en la información y conocimiento. Su importancia puede igualar a la del libro escrito, pero su despliegue ha sido mucho más rápido: décadas, en lugar de siglos. Ha bastado una década para que los ordenadores personales sean usuales en todos los ambientes y niveles. Otros frutos de ese desarrollo son Internet, los teléfonos móviles, las redes de fibras de banda ancha de alta velocidad, etcétera. La revolución electrónica está haciendo aparecer una nueva economía, la e-economía, con sus e-correo, e-noticias, e-libros, e-negocios, e-compras, e-subastas, y un largo etcétera.

JACK S. KILBY

Le corresponde la mitad del importe económico del Nobel, un total de 4,5 millones de coronas suecas. Nació en Jefferson City, Missouri, USA, en 1923 y desde 1958 ha trabajado e investigado en la empresa Texas Instrument, lo que ha compatibilizado con una etapa como profesor de la Universidad de Texas. Posee más de 60 patentes y posiblemente una de sus anécdotas más interesante se refiere a su coinvención de la calculadora de bolsillo, una de las primeras aplica-

ciones de los circuitos integrados. Antes de iniciarse su fabricación se hizo un estudio de mercado sobre las posibilidades futuras que podría tener la fabricación y venta de estos instrumentos. El informe de los especialistas en mercados señaló que la fabricación de calculadoras de bolsillo carecía de interés comercial. ¡Buen ojo!.

BIOGRAFÍAS

Zhores I. Alferov nació en Vitebsk, Rusia Blanca, hace 70 años y se doctoró en Física y Matemáticas en 1970, en el mismo Centro, el Instituto Físico-Técnico A. F. Ioffe de San Petersburgo (antes Leningrado), que dirige desde 1987.

Herbert Kroemer es alemán y tiene 72 años. Se doctoró en Física, en 1952, en la Universidad de Gotinga. Tras su traslado a USA, trabajó 3 años en los laboratorios de la RCA en Princeton y otros 3 años en los de la empresa Varian, en California. Desde el año 1959 ha sido profesor de Física, primero en la Universidad de Colorado Boulder y, después, en las Universidad de California, en Santa Bárbara.

EL CAFÉ Y LOS PLÁSTICOS CONDUCTORES

Posiblemente una de las características más notables de nuestra civilización es que podría aplicársele el calificativo de ERA DEL PLÁSTICO. En este siglo que acaba una buena parte de los más o menos esenciales utensilios, instrumentos o vehículos de los que nos servimos están hechos con diferentes clases de plásticos.

Tradicionalmente hemos asociado la expresión plásticos con la de no conductor de electricidad, con la de aislantes eléctricos, y una parte de sus utilizaciones se basan en ello. Los conductores eléctricos suelen aislarse con materiales plásticos poliméricos para protegerlos (también a nosotros) de cortocircuitos. Pero los descubrimientos de los Premios Nobel de Química del año 2000 posiblemente harán cambiar radicalmente la situación permitiendo el uso de plásticos que, en determinadas circunstancias se comporten como metales, conductores eléctricos, semiconductores, fuentes lumínicas, etcétera, posibilitando la barata fabricación de láminas plásticas luminosas usables en señalización, pantallas planas de televisión o, incluso, como papel decorativo emisor de luz que recubra las paredes de nuestras habitaciones. Y estas fascinantes posibilidades comenzaron con una conversación entre dos científicos mantenida entre el químico japonés Hidaki Shirakawa (uno de los Nobel 2000) y el químico americano, de origen neozelandés, Alan G. MacDiarmid, en una pausa para tomar café, cuando asistían a un Seminario científico celebrado en Tokio a mediados de los 70.

CONDUCTIVIDAD. Para que exista conducción eléctrica es necesaria la existencia de electrones que puedan moverse libremente, sin estar enlazados a los átomos. Desde el punto de vista de medidas cuantitativas de la conductividad podríamos construir una escala, con unos puntos de referencia, en los que, en cada uno, la conductividad fuese 10.000 veces superior al del anterior. De menor a mayor conductividad comenzaríamos con el cuarzo, continuando con diamante, vidrio, silicio y germanio, para dar un salto de 100 millones de mayor conductividad para llegar a los metales (cobre, hierro, plata). Dentro de esta escala, los aislantes presentan igual o menor conductividad que el vidrio. La conductividad de los semiconductores se sitúa en el rango de las del silicio y las del germanio y la de los conductores se corresponde a los metales.

Muchos polímeros plásticos, como el poliacetileno, cuentan con lo que en química se denomina sistemas de dobles enlaces conjugados, es decir, una serie alternada de enlaces sencillos (sigma, fijos) y dobles (pi, algo móviles). Ello hace que se forme una especie de nube electrónica a un lado y al otro del plano en el que está situado el sistema alternante de enlaces. Podrían ser semiconductores, pero, sin embargo, esa disponibilidad electrónica no es suficiente para que la macromolécula adquiera la propiedad de conductora eléctrica. Para ello, hay que dopar al polímero, lo que significa modificarlo quitándole electrones (oxidación) o insertándole electrones (reducción). Podemos entenderlo mejor acudiendo al símil del juego de las sillas, con un cierto número de sillas que es inferior en una unidad al número de jugadores, lo que hace que, en cada momento, uno de éstos, diferente en el transcurso del juego, no ocupe silla sino que queda libre. Los jugadores serían los electrones, su movimiento la corriente eléctrica y las sillas los átomos constituyentes de la molécula del polímero. En un plástico, con sistemas de dobles enlaces conjugados, adecuadamente dopado, al aplicar un campo eléctrico los electrones de los enlaces pi se pueden mover a lo largo de su cadena polimérica y como el material plástico está formado por muchas moléculas poliméricas, si las cadenas poliméricas están adecuadamente ordenadas, también los electrones pueden saltar desde una molécula polimérica a otra. Pero, ¿cómo se descubrió la posibilidad de dopar los plásticos y las consecuencias que se derivaban de ello?.

CAFÉ. La serendipia (una adecuada combinación de azar y ciencia) se alió, a principios de los 70, con el Dr. Shirakawa quien estudiaba en su laboratorio las condiciones de la síntesis de poliacetileno, que se depositaba en forma de una lámina negra sobre las paredes del recipiente de reacción. El poliacetileno se puede presentar en dos formas isómeras, cis y trans, y con el uso de catalizadores el Dr. Shirakawa pretendía controlar sus proporciones respectivas. Un determinado día cometió un error y añadió 1.000 veces la cantidad de catalizador usado normalmente. La sorpresa fue la obtención de una hermosa lámina plástica plateada, en lugar de negra. Analizada, resultó ser trans-poliacetileno puro. Usando otra temperatura obtuvo una lámina de color cobre que consistía en cis-poliacetileno casi puro.

Simultáneamente, en EE.UU., el químico Alan G. MacDiarmid y el físico Alan J. Heeger realizaban experiencias no con plásticos, sino con un polímero inorgánico de nitruro de azufre, con el que consiguieron una lámina coloreada de aspecto metálico.

Ahí podría haber acabado todo. Pero MacDiarmid acudió al seminario científico de Tokio a exponer su trabajo, Shirakawa lo escuchó y aunque sus investigaciones eran de temas diferentes (sólo coincidían en la obtención de láminas coloreadas de aspecto metálico), cuando accidentalmente ambos coincidieron tomando el café Shirakawa se las contó a MacDiarmid, quien le propuso una estancia en la Universidad de Pensilvania para realizar investigaciones comunes.

DOPAJE. Allí comenzaron a modificar (dopar) el polímero de poliacetileno mediante oxidación con vapores de yodo. Y cuando uno de los estudiantes del Dr. Heeger midió la conductividad de la lámina resultante comprobó que era ¡diez millones de veces superior a la de la lámina sin dopaje!. Se había descubierto el primer plástico con conductividad eléctrica y el artículo correspondiente, publicado en el verano de 1977, en The Journal of Chemical Society, fue considerado como un gran hito científico. Y, hace 10 años, se abrieron otras nuevas e importantes posibilidades con el descubrimiento de electroluminiscencia de los polímeros plásticos semiconductores, por el interés comercial existente en los fotodiodos y en los LED o diodos emisores de luz. Un LED puede consistir en una especie de sánd-

wich de polímetro semiconductor, con un electrodo polímero conductor en una cara y, en la otra, una delgada lámina metálica como electrodo. Cuando se aplica un voltaje entre los electrodos el polímero semiconductor comenzará a emitir luz.

Se piensa que en pocos años se podrán desarrollar pantallas planas de televisión basadas en láminas de LED del tipo descrito, así como señales de tráfico luminosas o pantallas informativas. El gran potencial comercial de los plásticos semiconductores y es la posibilidad de su rápida y barata producción. Pronto serán usuales entre los consumidores los componentes electrónicos basados en polímeros plásticos así como los circuitos integrados basados en polímeros.

APLICACIONES

Entre las aplicaciones de los polímeros plásticos conductores ya en el mercado, o en fase avanzada de desarrollo, se podrían citar algunas como las siguientes: a) Derivados del tiofeno. Algunos son de gran uso comercial en tratamientos antiestáticos de películas fotográficas. Otra utilización diferente de otros derivados sería en los instrumentos para marcar productos en los supermercados, lo que permitiría registrar automáticamente lo que el cliente llevase en el carro de la compra; b) Polianilina dopada. Como material antiestático, sobre los suelos plásticos de oficinas y lugares públicos, donde es importante evitar la electricidad estática. Como inhibidor de corrosión. Como protector de las radiaciones electromagnéticas procedentes de las pantallas de ordenadores.

MÁS APLICACIONES

Los derivados del poli-(fenileno vinilideno) son unos candidatos excelentes para constituir la capa activa de las pantallas indicadoras electroluminiscentes, tales como las de los teléfonos móviles. Los derivados de poli-(dialquilfluoreno) se usan como capas emisoras en las pantallas en color de dispositivos de vídeo. Los derivados del poli-(pirrol) para hacer recubrimientos de ocultamiento al radar (armas,

aviones, etcétera), por sus propiedades absorbentes de radiaciones. También como capa activa en muy diferentes sensores instrumentales. Las propiedades electrocrómicas de algunos polímeros también podrían usarse para fabricar ventanas inteligentes, capaces de absorber la luz solar en el verano.

FUTURO

En el desarrollo de las aplicaciones de los polímeros plásticos semiconductores y conductores la realidad de su bajo costo será determinante. En cuanto a las etapas futuras que conducirán desde esta electrónica a la electrónica de escala molecular real, serán lentas, pero fascinantes. La razón de ello es que los circuitos integrados basados en moléculas podrán conseguirse a una escala de tamaño de bastantes órdenes de magnitud inferior a las obtenibles con la electrónica basada en el silicio. Cuando se consiga la velocidad y memoria dinámica de los ordenadores quedará multiplicado por un factor de 100 millones respecto a los actuales. Para conseguir ese mundo electrónico molecular el papel de los plásticos conductores es esencial.

ADIÓS AL SANTO GRIAL

El hallazgo del Santo Grial, el cáliz sagrado utilizado por Jesús en la última cena, constituía la meta soñada por los caballeros medievales. Los científicos actuales, especialmente los que estudian la naturaleza de la materia, cuentan con un Santo Grial moderno y científico: descubrir el bosón de Higgs. Sin embargo, cuando la semana pasada Luciano Maiani, director general del CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares) anunció el cierre del LEP el gran colisionador de electrones y positrones, los físicos supieron que sus ruegos no habían sido escuchados y que la búsqueda tendría que posponerse unos años, hasta el 2005, cuando se haya construido el nuevo LHC, el gran colisionador de hadrones.

Las similitudes entre ambas búsquedas son patentes: existieron unas leyendas previas y la proposición de una situación real, con la posibilidad de una comprobación de la misma que quedaría totalmente avalada con el posible descubrimiento.

SANTO GRIAL. El nombre Grial procede del latín cratella, copa, que según la tradición cristiana sería guardada por José de Arimatea tras la última cena, recogiendo en ella la sangre del Crucificado. El cáliz, de propiedades milagrosas, pasaría a Inglaterra, donde se desvaneció su rastro. Muchos de los aspectos de la historia parecen ser adaptación de una antigua saga celta, posteriormente cristianiza-

da con fines didácticos. En el siglo XII el poeta francés Chrétien de Troyes escribió una inconclusa primera versión titulada Perceval o la Historia del Grial. De un siglo posterior es Parzival, obra del poeta épico germano Wolfram von Eschenbach. Y el tema reaparece en el siglo XV en la Morte d´Arthur del escritor inglés Thomas Malory, hasta llegar al conocido Parsifal, el grandioso y último drama musical de Richard Wagner, estrenado en 1882.

¿Qué mejor constatación de las creencias cristianas que el hallazgo del Santo Grial, con sus propiedades milagrosas, tales como las de proporcionar alimento a los que estaban libres de pecado, cegar a los impuros de corazón o dejar mudo al irreverente que llegaba a su presencia?. No es de extrañar que su búsqueda constituyese la meta de los caballeros del legendario rey Arturo. En las leyendas al respecto es sir Bors, con la ayuda de Parsifal y Galahad, quien logra encontrarlo al fin.

BOSÓN DE HIGSS. Las leyendas y teorías sobre la naturaleza íntima de la materia se han ido sucediendo también a lo largo de la historia de la humanidad, desde que Tales de Mileto, en el siglo VI a. C. estableciese que el agua era la sustancia primigenia origen de toda materia. Anaximandro especulaba sobre una sustancia eterna transformable, Heráclito en el fuego como origen de la materia, y Empédocles en la existencia de cuatro sustancias fundamentales: fuego, aire, tierra y agua. Y fue Anaxágoras el primero que pensó que la materia estaba formada por partículas pequeñísimas, los átomos.

La ciencia experimental, en los siglos XVII y XVIII, posibilitó los avances en la teoría atómica y, a principios del s. XIX, las leyes de Dalton aclararon el concepto de molécula. Los estudios de Böhr y Rutherford establecieron el concepto clásico de átomo y partículas subatómicas: protones neutrones y electrones. Pero la acción de los rayos cósmicos dio lugar al descubrimiento de un vasto y rico mundo subnuclear de partículas (leptones, quarqs bosones, muones, piones, etc.) y de las fuerzas de interacción entre ellas (gluones, fotones, bosones, partículas W, Z, etc.)

La conocida como teoría estándar de la materia procuró encajar los datos e interpretaciones respecto a la naturaleza de la materia y sus interacciones. Todo se fue confirmando paso a paso, pero faltaba o falta el Santo Grial: el bosón de Higgs.

LEP. Este acelerador subterráneo circular con una longitud de más de 27 km se extiende en las proximidades de la ciudad de Ginebra. Mediante grandes magnetos conseguía una tremenda aceleración de las partículas investigadas usando tremendos detectores para investigar el resultado de sus colisiones. Durante sus once años de historia los resultados obtenidos por el LEP confirmaron que el modelo estándar de física de partículas era correcto y que todas las partículas pertenecían a uno de las dos grandes familias (leptones y quarqs), en alguna de sus tres generaciones, y en cualquiera de sus dos variedades existentes: un total de 12 posibilidades diferentes.

Para explicar cómo adquieren masa las partículas elementales se había postulado la existencia de la partícula de Higgs, en honor del físico teórico escocés Peter Higgs, uno de los padres del modelo estándar. Pero su búsqueda había resultado infructuosa hasta que, en los últimos dos meses, los resultados de 4 investigaciones (ALEPH, DELPHI, OPAL y L3) son coincidentes con el posible hallazgo de la existencia de un bosón de Higgs, con una masa de 115 GeV. Pero los datos aún ofrecen un margen del 1,4 por mil para que las fluctuaciones encontradas en lugar de ser ocasionadas por el bosón sean fruto del azar, de unas fluctuaciones estadísticas. ¿Qué hacer ante el cierre inminente del LEP y las nuevas esperanzas científicas aparecidas?. El cierre del LEP, previsto para finales del pasado septiembre, se demoró en varias ocasiones, a la espera de la confirmación definitiva. Los científicos pidieron una moratoria hasta finales del año 2001 pero al final, el pasado 8 de noviembre, se produjo el cierre definitivo.

¿Se había encontrado realmente el Santo Grial confirmatorio de nuestra concepción, la del modelo estándar, sobre la materia?. Habrá que esperar unos años, hasta que esté operativo el LHC, en el que la energía alcanzable debe ser más que suficiente para confirmar el hallazgo. O hasta que lo consigan los americanos en su Fermilab, en Chicago. Pero, aun así, no estará todo resuelto, ya que la de Higgs debe ser una precursora de toda una nueva serie de partículas que deben encontrarse a energías más altas que las alcanzables por el LEP. Y aún quedarán incógnitas por resolver: ¿cómo integrar las teorías sobre fuerzas nucleares con las de la gravedad?. Podría aclararse la cuestión en el futuro, descubriendo nuevas series de partículas que confirmasen las teorías supersimétricas. Otra pregunta: ¿existen

dimensiones extra en nuestro Universo, en el ámbito de partículas de alta energía?. Y, así, un largo rosario de incógnitas. Por tanto, los modernos caballeros del rey Arturo, los físicos de partículas, aún tendrán un largo periodo de aventuras por delante antes de que puedan afirmar que, también ellos, han conseguido encontrar su Santo Grial.

CERN: ¿QUÉ ES?

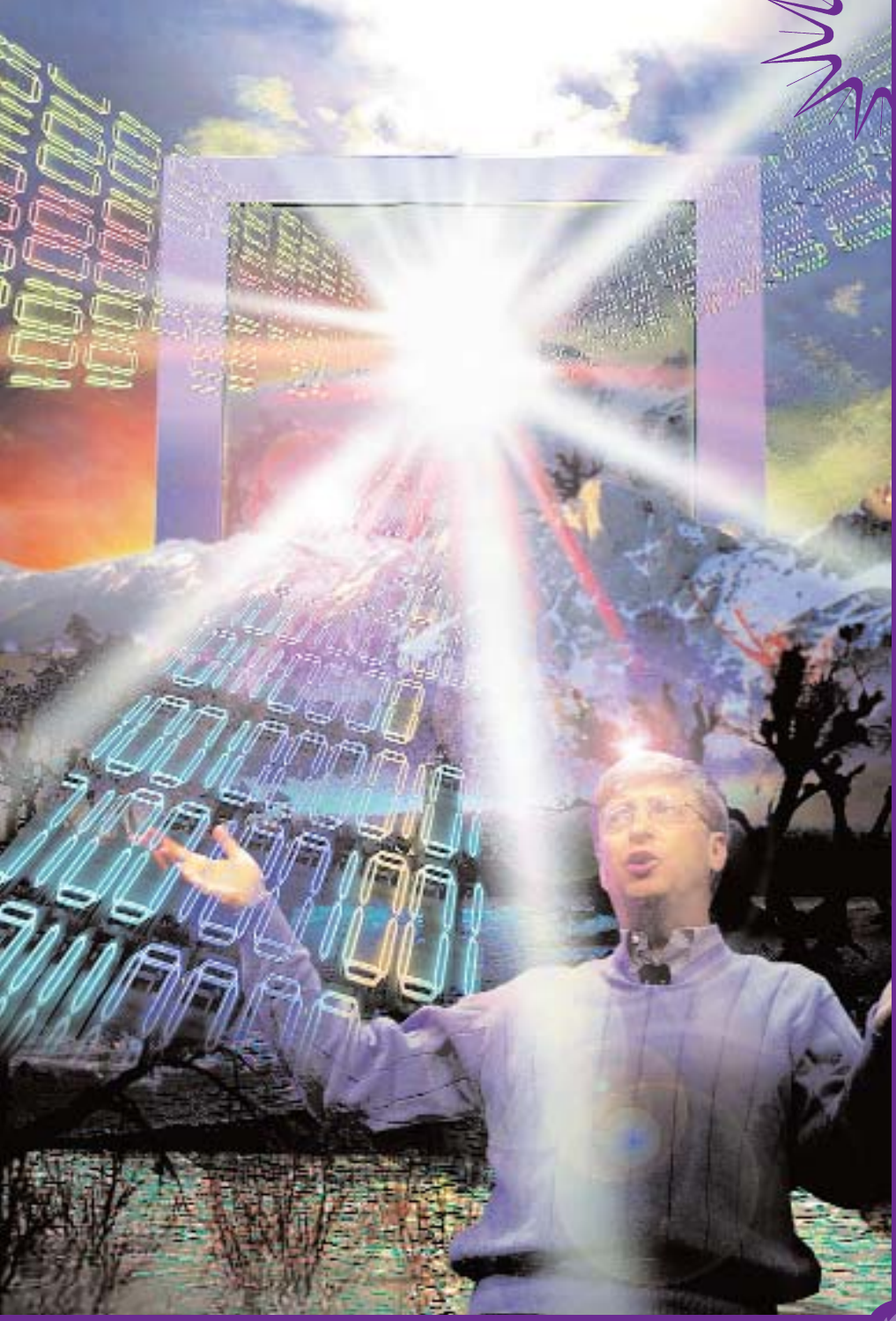
El CERN es la Organización Europea para la Investigación Nuclear, el mayor Centro del mundo dedicado a la física de partículas. En su fundación, en 1954, colaboraron 12 países, cuyo número ha aumentado hasta los 20 actuales, entre ellos España. El interés de sus investigaciones es esencialmente básico, pero de allí han partido los conocimientos que han permitido avances esenciales en las modernas técnicas médicas de imágenes o en el desarrollo de la tecnología www (Word Wide Web) de Internet. El CERN cuenta con una plantilla global de 3.000 personas y en sus instalaciones han trabajado 6.500 científicos, de 80 países y 500 universidades, que suponen más dei 50% de todos los físicos de partículas que hay en el mundo.

CERN: ¿QUÉ HACEN?

Los proyectos son muy variados. Por ejemplo, se produce antimateria de un modo rutinario, obteniendo más de 10 millones de antipartículas cada segundo. Una de sus magnetos, usadas para inducir campos magnéticos, es la mayor del mundo y pesa más que la torre Eiffel. El grado de vacío existente en los aceleradores supera al mayor vacío que pudiéramos encontrar en el trayecto Tierra-Luna. El mayor de sus aceleradores de partículas, circular, tiene 27 km de longitud y las partículas se desplazan en su interior a una velocidad tal que, en un segundo, realizan más de 11.000 recorridos totales. Los instrumentos detectores del CERN poseen un tamaño superior al de un edificio de cuatro plantas.

CERN: ¿QUÉ HARÁN?

Más de 1.800 físicos están trabajando ya en preparar los experimentos que se llevarán a cabo cuando se haya construido el nuevo y potente acelerador LHC. Se espera que estos experimentos generen una cantidad de datos a las que se originarían si, en un momento dado, todos y cada uno de los bastantes miles de millones de humanos que poblamos la Tierra, simultáneamente estuviésemos manteniendo 10 llamadas telefónicas. Durante la primera fase de operaciones del LEP, entre 1989-1995 se obtuvieron energías de colisión de 91 GeV. Después se alcanzaron energías de 202 GeV y, desde el pasado abril, se llegó a los 206 GeV. Se espera más que duplicar estas energías cuando esté operativo el LHC.



© PACO HERNÁNDEZ

...¡Y la luz se hizo!

...¡Y LA LUZ SE HIZO!

No sería arriesgado predecir que el apelativo para el siglo XXI pudiera ser el del siglo de la información. Son ilimitados los logros posibles al respecto, en dos campos tan diversos como el de la información biológica y el de la información física. El proyecto Genoma Humano ha sido el espectacular punto de inicio para el primero. En el caso de la anhelada transferencia de miles de billones de bits por segundo el punto de partida pudiera ser el de los LED (light-emitting device: dispositivos emisores de luz) de silicio.

El mundo actual de la comunicación de datos descansa en una especie de mesa con tres patas. La primera es la electrónica, donde se originan y se reciben los datos, y se basa en los microcircuitos digitales de silicio. La segunda pata es la fotónica, con grandes tendidos de fibra óptica por donde fluye la información. La tercera también es electrónica, la del almacenamiento de datos. Ello supone la existencia de interfases y de módulos de compatibilidad. Todo sería más sencillo y eficaz si además de la transmisión, el resto de la tecnología de la telecomunicación, basada en el silicio, se realizase con fotones, es decir, que usase la luz. Entraríamos en una nueva era de la tecnología de las comunicaciones. Precisamente esto es lo que parece que empieza a ocurrir.

CRECIMIENTOS. La unidad de información es el bit, equivalente a la posibilidad de almacenar la selección entre dos posibilidades igualmente probables, que

en base binaria serían el 0 y el 1. El desarrollo tecnológico es muy veloz en cada una de las tres patas antes señaladas, pero existen diferencias entre ellas. De acuerdo con la denominada ley de Moore, se tardan 18 meses para que, con el mismo costo, se duplique la capacidad de los microcircuitos integrados de silicio. En la tecnología de almacenamiento de datos se duplica el rendimiento de una determinada inversión (en forma de bits por centímetro cuadrado de superficie) cada 12 meses. Y esos tiempos de duplicación se reducen a sólo 9 meses para duplicar (bits por segundo) el rendimiento de la fibra óptica.

Cada día se tiende en el mundo una cantidad de cable de fibra óptica suficiente para dar tres vueltas a la Tierra. Actualmente el tráfico medio en las grandes arterias troncales usadas por Internet es del orden de un billón de bits (un terabit) por segundo. Pero las redes más avanzadas existentes están llegando a una capacidad de transmisión de diez mil terabits (10 petabits) por segundo. Entonces, ¿estamos aún muy lejos de la saturación?. No, ya que las previsiones, tan solo en lo referente a Internet, indican la posibilidad de que su desarrollo exija flujos superiores a esos diez petabits por segundo. Si la llamada «metacomputación» se hace realidad, con múltiples sistemas de ordenadores que compartirán en la red sus mutuas capacidades de computación, se podrían necesitar capacidades de hasta 200 petabits por segundo.

FIBRA ÓPTICA. La solución para la transmisión es posible: es la fibra óptica. Una fibra posee un núcleo de vidrio rodeado de una funda envolvente. Sus respectivos índices de refracción impiden que los fotones, la luz, se salga de su camino. Forzosamente penetran y salen por los extremos de la fibra. Los datos electrónicos son convertidos en fotones de longitud de onda entre 1.200 y 1.600 nanómetros por un emisor de luz (un diodo fotoemisor, un láser) que introduce los fotones por un extremo de la fibra óptica. Estos fotones pueden viajar bastantes kilómetros a lo largo de la fibra óptica hasta que es necesario reforzar la señal. A principios de los 90 se descubrió que ello podía realizarse sin amplificadores electrónicos, introduciendo cada determinado trayecto un segmento de fibra dopado con el elemento químico erbio. Una misma fibra puede encauzar multitud de longitudes de onda luminosas

diferentes y cada longitud de onda se puede convertir en portadora de un gran volumen de datos. En ello consiste la técnica conocida como DWDM (multiplexación densa por división de longitudes de onda), que es aplicable a tendidos previamente existentes. Actualmente se pueden enviar más de 160 frecuencias simultáneas, lo que se traduce en una gran anchura de banda por fibra, unos 0,4 terabits que es muy superior a la de las transmisiones por microondas o a la de los enlaces vía satélite, sus competidores en las comunicaciones a larga distancia.

Los avances en la tecnología de las fibras ópticas son tan veloces que para responder a las demandas previsibles en cuatro años se necesitarán anchuras de banda cien veces superiores a las actuales.

FUTURO. Imaginemos unos datos iniciales procedentes de un teléfono, de un ordenador o de una emisión de televisión. Para que llegue la información correspondiente a su destinatario, actualmente, a lo largo del trayecto varias veces ha de hacerse la conmutación de la señal electrónica a señal fotónica luminosa y viceversa. Conforme aumentan las velocidades de transmisión el coste de los sistemas electrónicos necesarios se incrementa exponencialmente y existe el peligro real de que se sobrecarguen los sistemas de procesamiento y de memoria necesarios para realizar esas conmutaciones.

Por ello, se piensa que las soluciones futuras serán redes de ondas lumínicas, exentas de conmutaciones electrónicas. Serán capaces de combinar, amplificar, conmutar o restaurar las señales ópticas. Volviendo a los ejemplos anteriores, las señales del teléfono, ordenador o vídeo serían tratadas por un multiplexor denso por división de longitudes de onda (DWDM), que las introduciría en una única fibra óptica. Cuando fuese necesario, a lo largo del camino hacia el destino final, amplificadores ópticos amplificarían las señales. Un conmutador óptico se encargaría de encaminar las diversas longitudes de onda, que tras ser amplificadas, también ópticamente, llegarían al desmultiplexor final que separaría cada longitud de onda y la encaminaría a sus destinos concretos.

En todo caso son muchos e importantes los interrogantes que habrían de resolverse antes de la puesta a punto de esta nueva tecnología.

PRESENTE. Como ejemplo de que el camino está iniciado nos puede servir el desarrollo, por parte de un equipo investigador de la Universidad inglesa de Surrey, de un prototipo de LED de silicio, que convierte la electricidad en luz, tan eficazmente como los LED tradicionales de semiconductores. Hasta ahora la Optoelectrónica había sido incapaz de integrar los LED en los chips de silicio. Por ello, la separación física de los LED y de la circuitería electrónica era un verdadero cuello de botella para la miniaturización y eficacia de los sistemas.

Para lograr el éxito el silicio ha tenido que dividirse en partículas nanométricas (millonésimas de milímetros) dispuestas de un modo «esponjosos» sobre una superficie, que para ser preparada adecuadamente se bombardea con átomos de boro y se calienta a 1.000 ºC, adquiriendo sus propiedades semiconductoras y fotoemisoras.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Investigadores alemanes acaban de publicar una investigación demostrativa de que las vitaminas y los ácidos grasos pueden afectar el desarrollo de los procesos alérgicos. Las vitaminas A, C y riboflavina ejercieron un efecto protector preventivo. Por el contrario, se encontró una asociación positiva entre el aumento a la sensibilización alérgica y un alto consumo de ácidos grasos monoinsaturados.

BACTERIAS PEGAJOSAS

Las bacterias tienden a depositarse sobre las superficies de lentes de contacto, tuberías de agua, o prótesis, provocando múltiples inconvenientes. Recientemente, unos investigadores de la Universidad americana de Harvard han fabricado un compuesto que impide ese proceso. La sustancia contiene oro, pequeñas moléculas orgánicas y una estructura polimérica de poliaminas y se puede aplicar sobre las superficies a proteger en forma de láminas muy finas.

DURO MATERIAL

La dureza del diamante le hace especialmente útil en ciertas tareas industriales: cortar, perforar, etcétera. El Instituto Ucraniano de Materiales Superduros acaba de producir un nuevo compuesto que puede competir con muchas de las aplicaciones del diamante. Se trata de carbonitruro de boro cúbico. Al igual que el grafito a presión puede producir diamantes sintéticos, la sustancia original se sometió a una presión cercana a los dos millones de veces la atmosférica, con lo que el boro se transformó en su forma cúbica proporcionadora de la gran dureza de la molécula.

LOS SUPERCRÍTICOS

¿Puede no ser transparente, sino turbia y opalescente una muestra de agua totalmente pura?. Seguramente todos coincidiríamos en responder a esta pregunta con una rotunda negación. Pero estaríamos equivocados. En las condiciones que, científicamente, se denominan supercríticas, el agua y otros muchos fluidos se comportan de modo muy peculiar y sus propiedades se alteran profundamente.

En el caso concreto de una muestra de agua, situada en un recipiente completamente cerrado y transparente, a una temperatura alta, por ejemplo, superior a 374 ºC, es un gas transparente y homogéneo, que al dejarlo enfriar (temperatura de ebullición) se separaría en dos fases, líquida y gaseosa, ambas transparentes. Sin embargo, si nuestra muestra inicial del agua transparente, pura y gaseosa, estuviese encerrada en su recipiente, a las mismas condiciones de alta temperatura, pero a una presión mucho mayor (221 atmósferas, con una densidad de 322,2 kilos por metro cúbico), al enfriar y alcanzar los 374 ºC, adquiriría un aspecto turbio y lechoso, que se conservaría así hasta que por enfriamiento sucesivo atravesase la transición de fase crítica y se llegase a las dos formas clásicas en equilibrio: líquido y gas. Para cada sustancia su punto crítico viene definido por unos valores determinados de temperatura, presión y densidad críticas.

ALIMENTOS. En lo que, a primera vista parecería pasar a otro tema, la industria alimentaria es un sector de alta incidencia económica y social en España. En

los solo 5 años transcurridos desde 1985 a 1990 el valor de la producción alimentaria española pasó desde 24 mil millones de euros a 33 mil millones. Es importante el que ya se aproxime al 80% la proporción de productos elaborados respecto al valor de la demanda final de alimentos. Pues bien, la preocupación creciente de los consumidores por los aspectos relacionados con la higiene, la seguridad, el medio ambiente y, primordialmente, la salud, hace que en los últimos años haya cobrado especial interés el concepto de alimentos funcionales, sin restos de plaguicidas o de contaminantes ambientales.

El concepto de alimento funcional es aplicable a un amplio grupo de productos diseñados con objetivos determinados. Usualmente son enriquecidos, bien añadiéndoles o bien desarrollando en ellos durante su procesado, diversos componentes naturales (antioxidantes, ciertos ácidos grasos, carotenoides, fibras, sabores, etcétera) que se consideran beneficiosos para la salud. En sus etiquetas puede rezar el distintivo «sin aditivos artificiales» y, lógicamente, es coherente con este concepto el que los ingredientes naturales añadidos se hayan obtenido del modo posible más limpio y respetuoso hacia el medio ambiente. Ello es difícil de lograr con los métodos fisicoquímicos tradicionales. Para conseguirlo, la tecnología de los fluidos supercríticos puede constituir una ayuda inestimable. Y es claro que la competitividad, derivada de la desaparición de barreras aduaneras obliga a que la industria alimentaria española haya de estar al tanto de las últimas novedades en las tecnologías relacionadas con este tipo de alimentos.

SUPERCRÍTICOS. Los ingredientes alimentarios suelen extraerse mediante disolventes. El poder de disolución de los fluidos supercríticos se conoce desde hace más de 120 años. Las bases tecnológicas de la extracción supercrítica fueron diseñadas hace unos 30 años. Sus propiedades más sobresalientes son versatilidad, selectividad, alto respeto medioambiental, posible procesado en condiciones suaves de temperatura y ausencia de alteraciones químicas, permitiendo obtener productos de alta calidad, con sus propiedades naturales intactas, exentos de residuos de disolventes.

Sin embargo, esta tecnología aún no está muy extendida, aunque existen diversos procesos industriales en los que su uso se está ampliando: extracción de oleorresinas, aromas, colorantes o diversas aplicaciones bioquímicas, farmacológicas y

cosméticas. Quizá, su mayor dificultad de aplicación se debe a la necesidad de un preciso diseño tecnológico previo para cada proceso, es decir, de una adecuada investigación. En España varios grupos tienen acreditada solvencia internacional al respecto, entre los que cabe destacar los del Área de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid y, en la Facultad de Química de la Universidad de Murcia, el Grupo de Investigación de Biotecnología Agroalimentaria del Departamento de Bioquímica, Biología Molecular (B) e Inmunología.

Un ejemplo nos permitirá comprender las ventajas. Se trata del uso del gas no tóxico dióxido de carbono como fluido extractor supercrítico. Las condiciones supercríticas de temperatura (31,1 ºC), presión (72 atmósferas) y densidad (0, 47) para este gas son muy asequibles. En condiciones supercríticas el dióxido de carbono, como otros gases, adquiere poder de solvatación (una propiedad típica de los líquidos) y puede ser usado como disolvente de diversos componentes alimentarios, aprovechando, además, su baja viscosidad, alto coeficiente de difusión, gran penetrabilidad y elevada velocidad de extracción. Otra ventaja adicional es que, variando las condiciones de presión y temperatura y, con ello, la densidad del fluido supercrítico, se puede cambiar su selectividad como disolvente hacia diversos componentes, extrayéndolos diferencialmente, sin necesidad de cambiar el fluido extractante.

Y la eliminación del disolvente, para aislar el ingrediente puro extraído, no puede ser más sencilla. Basta reducir la presión y el fluido supercrítico se convierte en gas que se evaporará espontánea y totalmente. La adición de otros componentes, como acetato de etilo, al dióxido de carbono suele extender grandemente su grado de aplicabilidad.

DESCAFEINAR. La eliminación de la cafeína de las semillas verdes del café es una de las aplicaciones más clásicas de la técnica de extracción que estamos comentando. A 259 atmósferas de presión el dióxido de carbono supercrítico actúa sobre las semillas humedecidas de los granos verdes de café de un modo muy específico, disolviendo la cafeína sin tener casi efecto sobre el resto de los componentes. Adicionalmente, el dióxido de carbono se hace recircular sobre carbón activado, que adsorbe sobre su superficie a la cafeína. En 5-8 horas, usando temperaturas moderadas de extracción, se puede conseguir una adecuada elimi-

nación de la cafeína superior al 99%. En el pasado, una dificultad del sistema era que, tras la saturación, el carbono podía ser regenerado y activado, pero no así la cafeína. Por ello, se ha mejorado el proceso de extracción con dióxido de carbono supercrítico con ciertas variantes: 1) Haciendo el proceso más continuo, retirando a intervalos de 15 minutos los granos de café ya descafeinados situados en el fondo de la torre de extracción que es rellenada en su parte superior con igual cantidad de granos verdes frescos; 2) En lugar de usar carbono activo utilizar agua para quitar la cafeína del dióxido de carbono recirculante. Con ello se puede recuperar la cafeína, purificarla y usarla en aplicaciones específicas.

Los procesos de extracción con fluidos supercríticos son clasificados por la exigente FDA estadounidense como GRAS («generally regarded as safe»), es decir, saludables, y sólo cabe desear que la industria agroalimentaria española y, más concretamente, la del Levante español, incremente su interés por esta clase de tecnologías, saludables y respetuosas con el medio ambiente.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

En el último número aparecido de la revista American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine se incluye una investigación realizada en la Universidad de Búfalo sobre 1.616 habitantes de Nueva York, que indica que la vitamina E, así como otra vitamina, poco conocida, la beta-criptoxantina (principalmente presente en las naranjas) están asociadas a una saludable función pulmonar. Previamente se había demostrado que las moléculas de radicales libres oxigenados estaban ligadas a ciertos deterioros de la función pulmonar.

PALOMAS EXPERTAS EN ARTE

Las palomas suelen mostrar predilección por obras de arte arquitectónico y escultórico. Pero, según una investigación realizada por el psicólogo japonés Shigeru Watanabe, pueden llegar a distinguir entre una pintura de van Gogh y otra de

Chagall, sin que las hayan visto antes. Esto lo ha conseguido entrenando a 3 palomas durante un mes mostrándoles en una pantalla 8 cuadros famosos de ambos pintores y suministrándoles comida cuando intentaban picotear las de van Gogh. Al cabo de ese tiempo, con un 85% de seguridad, al enseñarles otras pinturas nunca enseñadas previamente, fueron capaces de discriminar entre van Gogh y Chagall.

CENTRO DE LA TIERRA

Las dos propiedades más significativas del corazón de la Tierra son de temperaturas y presión. La temperatura es casi 7.000 ºC. A esa temperatura, más caliente que la superficie del Sol, toda la materia irradia una blanca luz cegadora. En cuanto a la presión, en el corazón de la Tierra es millones de veces la de la superficie. Bajo tan gran presión, la mezcla de níquel-hierro allí ha solidificado como una esfera sólida de 2.400 kilómetros de diámetro, que flota en el centro de un mar de metal candente líquido.

ALTERNANCIA DISOLVENTE

En un mundo en el que el respeto medioambiental debiera ser fundamental sigue siendo normal el uso generalizado y masivo, en multitud de procesos industriales, de disolventes orgánicos tóxicos o contaminantes. Estos disolventes son muy volátiles, lo cual origina no sólo grandes gastos, sino una gran contaminación ambiental a gran escala. Más de la tercera parte de los disolventes que utiliza la industria en todo el mundo «se pierden en el aire». ¿Puede ofrecer la Ciencia alguna alternativa?

La primera, es obvia, pero imposible: impedir su uso. La segunda sería la de utilizar, con exclusividad, el agua como disolvente. Sin embargo, la ya citada necesaria sensibilidad medioambiental ha hecho extremar el rigor respecto a la eliminación de los desechos acuosos, de modo que, en los países desarrollados, puede darse la circunstancia de obtener el agua necesaria de un río, no utilizarla, y no poder retornarla al cauce, por superar los límites legales permitidos de contaminantes. La tercera posibilidad estaría basada en una tecnología que fue tratada en estas páginas muy recientemente: el uso como disolventes de fluidos supercríticos, como el dióxido de carbono, en adecuadas condiciones de presión y temperatura. Y la, por ahora, última alternativa, casi inexplorada y desconocida, pero con un enorme potencial, aparece con el descubrimiento de las sales líquidas, que podrían revolucionar los procesos industriales y, al mismo tiempo, contribuir a limpiar el medio ambiente.

QUÍMICA VERDE. La catástrofe de la fábrica de pesticidas de la Union Carbide en Bhopal, India, en diciembre de 1984, constituyó un gran revulsivo respecto a la necesidad de intensificar las precauciones en las industrias químicas. Murieron más de 3.500 personas y, transcurridos más de 16 años, un reciente informe de Greenpeace señala que aún existe una fuerte contaminación en ciertas áreas del terreno afectado. Por ello, en los últimos años se va extendiendo el nuevo concepto de química verde, con una mayor preocupación por todos los aspectos relacionados con la seguridad, y con el desarrollo de nuevas tecnologías que aseguren que las reacciones químicas producirán menos desechos y contaminaciones. Dos de sus objetivos primordiales serían los de desarrollar nuevos y más eficaces catalizadores y la sustitución de los disolventes orgánicos por alternativas más seguras. En general se entiende como Química Verde el diseño, la manufactura y el uso de sustancias químicas y procesos que reducen o eliminan el uso o la generación de residuos y productos nocivos para el medio ambiente o la salud humana.

Las reacciones químicas son fáciles de realizar cuando los reactantes son líquidos con lo que sus moléculas interaccionan fácilmente. Cuando algún reactante es sólido se acude a los disolventes. Durante casi 2.000 años de conocimientos químicos, en grado más o menos desarrollado, la química se basó en el uso del disolvente agua, abundante y barato. Pero el agua no es un disolvente universal. Por ello, en el siglo XIX, se introdujeron otros disolventes que posibilitaron la obtención de miles de nuevos compuestos, desde la margarina a los plásticos. Principalmente fueron disolventes orgánicos, que se utilizan sobre todo en industrias de síntesis, como la petroquímica y la farmacéutica y dan lugar a un volumen de ventas de unos 6.000 millones de euros al año. Su elevada presión de vapor les hace ser muy evaporables, aparte de su generalizada toxicidad e inflamabilidad. Frecuentemente son difíciles de reutilizar o reciclar y cuando se descomponen hasta dióxido de carbono contribuyen a incrementar el efecto invernadero. Por ello, cuando a partir del Protocolo de Montreal se prohibió el uso de muchos disolventes, se derivó la necesidad de reestructurar muchos procesos químicos que venían funcionando satisfactoriamente desde hace más de un siglo.

SALES IÓNICAS. El concepto de líquido iónico suele asociarse al de alta temperatura, debido a que las sustancias iónicas (como la sal común, el cloruro sódico) están formadas por iones muy pequeños cargados eléctricamente, con cargas eléctricas de distinto signo, lo que hace que exista una gran fuerza de atracción entre ellos. Y para romper esos enlaces iónicos hace falta una temperatura muy alta, frecuentemente superior a los 800 ºC. Ello les imposibilita el ser disolventes de moléculas orgánicas, sensibles al calor.

Los científicos han encontrado la solución. Consiste en fabricar sales formadas de iones muy asimétricos y de gran tamaño, de modo que sus fuerzas atractivas sean débiles. Las consecuencias inmediatas son las de una baja temperatura de fusión (son líquidos a temperaturas normales), una mínima presión de vapor (no son volátiles, no se evaporan a la atmósfera, se pueden reciclar) y como sólo se usa una parte de sus posibilidades atractivas para enlazarse a los iones vecinos, el resto puede utilizarse para atraer (disolver) a otros compuestos, es decir, son disolventes de tales compuestos. Por otra parte se pueden calificar de «disolventes de diseño», ya que variando las características de los iones participantes se pueden fabricar billones de combinaciones diferentes, una cantidad inmensa comparada con los menos de 300 disolventes orgánicos más usados en la industria química. Ello significa la posibilidad de poder disolver, con el disolvente iónico adecuado, un amplio espectro de sustancias, desde carbón, plásticos, muchos metales e, incluso, rocas. Como contraste, la poca experiencia aún existente hace que todavía sea un misterio la mayor parte de sus propiedades, aun las más básicas, como su densidad o punto de fusión.

POSIBILIDADES. Ken Seddon, catedrático de Química Inorgánica de la Queen´s University de Belfast, Irlanda del Norte es el director del QUILL (Queen University Ionic Liquid Laboratories), principal grupo investigador del mundo en este nuevo y prometedor campo de los líquidos iónicos, que actúan a temperatura ambiente y serán la base de una nueva tecnología industrial. El grupo reúne a técnicos de la industria e investigadores universitarios para desarrollar estas nuevas tecnologías en las que ya han mostrado gran interés empresas norteamerica-

nas, europeas y surafricanas, que ayudan financieramente sus investigaciones a cambio de ser informadas sobre la marcha de las mismas.

Los líquidos iónicos son una alternativa ecológica a los disolventes moleculares, y son fácilmente reciclables. Poseen un gran número de buenas cualidades, como un punto de evaporación de 300 °C, que facilita su manipulación; un alto poder disolvente con distintas materias orgánicas e inorgánicas y polímeros y una gran solubilidad, lo que supone que se pueden utilizar en pequeños volúmenes. Además, tienen acidez tipo Brönsted, o Lewis y superacidez, no tienen casi presión de vapor, van desde los hidrófobos hasta los hidrófilos y son muy estables hasta 200 °C. Por si fuera poco, son relativamente sencillos y baratos de fabricar.

Además, a diferencia del agua y de otros disolventes hidrofílicos, los líquidos iónicos se disuelven en distintas moléculas orgánicas, y los líquidos iónicos no se pierden ni se destruyen durante su uso. Los primeros trabajos de laboratorio han demostrado que, a temperatura ambiente, intervienen en diversas reacciones orgánicas catalizadas (oligomerización, polimerización, alquilación y acilación). Muchos procesos químicos normales funcionan tan bien o mejor con líquidos iónicos que con disolventes. Por ejemplo, las reacciones con catalizadores se producen a temperaturas más bajas y con mayor rendimiento. La reacción de Friedel-Crafts, un paso clave en el proceso de craqueo del petróleo, con disolventes normales, a 80 °C, tarda ocho horas, con un rendimiento del 80 por 100. Por el contrario, la misma reacción, con líquidos iónicos a 0 °C, se produce en 30 segundos y da un rendimiento del 98 por 100, con un producto más puro y homogéneo. Y los investigadores dicen que todas estas cualidades son sólo «la punta del iceberg» y que, cuando se conozcan a fondo todas ellas, pueden resultar aplicaciones mucho más interesantes.

Una de ellas podría ser la utilización de estos disolventes orgánicos en reacciones catalizadas enzimáticamente, con lo que podría mejorarse el proceso catalítico, con un gran incremento de la eficacia y vida media de las enzimas. Unos pocos laboratorios del mundo están comenzando a trabajar en esta prometedora dirección. Entre ellos, con unos resultados preliminares muy satisfactorios, se encuentra el grupo de Biotecnología del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular B, en la Facultad de Química de la Universidad de Murcia.

CATALUÑA

En Cataluña, el IUCT (Instituto Universitario de Ciencia y Tecnología), mantiene contactos y colaboraciones con los laboratorios e instituciones más importantes del mundo en el campo de la Química Verde. Actualmente IUCT es la sede española del Green Chemistry Institute de Estados Unidos. En 1998 creó el programa de Química Verde, uno de cuyos objetivos actuales es la investigación sobre disolventes iónicos (disolventes neotéricos). Con el soporte de la Generalitat de Cataluña anualmente organiza una Conferencia de Química Verde, la última celebrada los días 8 y 9 de mayo, en Barcelona.

BANCO DE DATOS

La Universidad de Queens, en Irlanda del Norte ha comenzado a confeccionar un Banco de datos sobre los líquidos iónicos a temperatura ambiente, puesto libremente a disposición de los científicos del mundo, a través de Internet, en la dirección http://www.ch.qub.ac.uk/resources/ionic/ionic.html. Por otra parte, el profesor Robin D. Rogers del Departamento de Química de la Universidad de Alabama, también ha preparado una interesante exposición sobre el tema en la página web http://bama.ua.edu/~rdrogers/webdocs/ionicliquids.html

CATÁLISIS

Una de las áreas en las que los líquidos iónicos prometen producir un mayor impacto es la de la catálisis homogénea en la que el catalizador suele estar disuelto en la disolución, junto con los reactantes. En los procesos tradicionales el mayor producto, tras la reacción es la separación del catalizador. Con la nueva tecnología, usando los llamados procesos bifásicos homogéneos, tras la obtención de los productos, su separación del catalizador se podrá realizar simplemente por decantación, dejando reposar para que se originen dos fases diferenciadas.

Biología y Fisiología

© PACO HERNÁNDEZ

LAS FLORES PRIMAVERALES

«Como atento no más a mi quimera / no reparaba en torno mío, un día/ me sorprendió la fértil primavera / que en todo el ancho campo sonreía // Brotaban verdes hojas / de las hinchadas yemas del ramaje / y flores amarillas, blancas, rojas, / alegraban la mancha del paisaje // Y era una lluvia de saetas de oro, / el sol sobre las frondas juveniles; / del amplio río en el caudal sonoro / se miraban los álamos gentiles /...».

De tan bello modo comenzaba, en 1907, su poema Acaso el gran escritor y poeta Antonio Machado, resumiendo el cúmulo de bellezas y sensaciones que anualmente nos ofrece la floración primaveral. ¿Cómo y por qué ocurre ello? ¿Cómo y por qué florecen las flores?.

ARQUITECTOS FLORALES. Hace algún tiempo, en un artículo publicado en esta sección del periódico La verdad, un excelente investigador murciano en Genética Vegetal, el Dr. Marcos Egea Gutiérrez-Cortines, nos ilustraba el papel de ciertos genes en su papel de auténticos arquitectos florales, señalando que «La situación es que, hoy en día, hemos identificado por análisis genético muchos de los procesos que controlan el desarrollo de las flores y estamos empezando a entender cuáles son las interacciones entre los diversos programas y las decisiones que se toman durante el desarrollo. Sabemos que los procesos descritos son iguales en todas las plantas superiores y que, por tanto, el estudio de sistemas modelo

permite conocer, al menos, los genes necesarios para un proceso y utilizar estos conocimientos en plantas de interés comercial».

No ha habido que esperar mucho al respecto. Hace unos pocos días constituía portada de la revista Nature una ilustración que servía para destacar la investigación realizada por científicos americanos (de la Jolla, California) y alemanes (del Max-Planck-Institut für Züchtungsforchung de Colonia) que aclara el papel de algunos de esos genes arquitectos florales.

EVOLUCIÓN. Evolutivamente, conforme vamos hacia atrás, van confluyendo ramas y, al final, todos los seres vivos procedemos de un antecesor único común. Evolutivamente fue importantísimo el concepto de que un gran número de células pudiesen formar organismos multicelulares constituidos por un gran número de células especializadas, integradas y cooperativas. Y lo más interesante es que ello aconteció aproximadamente al mismo tiempo, pero independientemente, para originar las plantas y los animales. La comparación de los dos modelos de desarrollo constituirá, pues, un punto de partida excepcional para desentrañar los principios de la «lógica de la vida»

Aparentemente son muy diferentes los moldes de desarrollo de plantas y animales. En las plantas el proceso es esencialmente continuo y abierto, maleable. Continuamente aparecen nuevas estructuras y órganos, como sucede con las hojas y flores primaverales que en el otoño llegan al final de su ciclo vital. En cambio, en los animales el proceso es más finito e inexorable, desarrollando sus órganos hasta la etapa adulta, sin grandes cambios posteriores, constituyendo productos finales destinados a su posterior desintegración y muerte.

Pero, a pesar de las aparentes diferencias, los desarrollos de plantas y animales también poseen muchas similitudes. La versatilidad de las plantas tiene su causa en la estructura conocida como meristemo. Se trata de un grupo de células, localizadas en el centro de cualquier tallo o raíz en crecimiento, que poseen la capacidad de convertirse en cualquier tipo de células que necesite la planta. El «corazón» del meristemo puede consistir en tan sólo unas cuatro células, en división constante, que constituyen el «centro quiescente». Cada célula se divide en dos, de las cuales una sale del meristemo para convertirse en una célula especia-

lizada, mientras que la segunda célula permanece en el meristemo para continuar dividiéndose.

Desde el punto de vista de la «lógica de la vida» este mecanismo es idéntico a otro de los animales en los que, por ejemplo, las células precursoras hematopoyéticas continuamente van dividiéndose en dos: una de ellas idéntica a la progenitora, mientras que la segunda termina convirtiéndose en célula roja, linfocito, plaqueta, etcétera.

HOMEOGENES. La principal similitud del desarrollo de plantas y animales hace uso de un mismo mecanismo lógico genético que establece las pautas de su desarrollo: la existencia de familias de genes homeóticos. En los animales estos genes («homeobox») establecen la arquitectura del desarrollo, influyendo sobre la expresión de otros genes. Una mutación en uno de los genes homeobox, podría originar la aparición de un órgano en un lugar corporal inadecuado. En las plantas también se han estudiado genes de este tipo (los MADS-box) en relación con el desarrollo de las flores. Aunque no existe casi ninguna similitud entre las secuencias de los genes homeóticos animales y vegetales su mecanismo de actuación (nuevamente la «lógica de la vida») es el mismo en ambos casos.

Recordemos que la flor es una rama terminal consistente en un tallo modificado: el eje floral o receptáculo. Este eje floral dispone de varias capas concéntricas de células que son como apéndices especializados, verticilos, u hojas modificadas. Las lilas poseen tres y las rosas cinco, pero la mayoría de las plantas cuentan con cuatro de estas capas o verticilos. El verticilo más externo o cáliz está formado por sépalos protectores del capullo floral antes de que se abra. Los sépalos circundan la corola, compuesta de varios pétalos, que a su vez rodean al tercer verticilo o androceo que agrupa a los estambres, que producen en las anteras el polen necesario para la reproducción. Y en interior central se encuentra el gineceo, con los carpelos femeninos en cuya base se sitúan los ovarios, destinados a la formación de semillas.

Son los genes homeóticos los que van a determinar que una célula se convierta en sépalo, pétalo, estambre o carpelo. Hace unos pocos años se estableció un modelo posible de la identidad de los órganos florales, denominado ABC por-

que los genes intervinientes se clasificaban en tres grupos A, B y C. Los genes A se expresarían en los verticilos externos, los genes C en los dos verticilos internos y los genes B en los dos verticilos intermedios. Por sí solos los genes A expresarían sépalos y los genes C carpelos. La acción concurrente de genes A y B producirían los pétalos y la de genes C y B los carpelos.

La investigación recientemente publicada en la revista Nature a la que nos hemos referido antes ha aclarado que, al menos, la actividad de los genes B y C depende de la actividad de unos genes homeóticos, concretamente tres genes MADS-box, muy relacionados entre sí tanto estructural como funcionalmente. Ello ha ocurrido como un fruto del Proyecto Genoma Humano, dentro del cual, hace poco tiempo, se conoció la secuencia total del genoma de la Arabidopsis thaliana, una hierba crucífera agreste muy investigada por su pequeño genoma. Entre sus genes se identificaron estos tres y mediante técnicas de genética reversa los investigadores produjeron mutantes de la planta que carecieran de cada uno de ellos. El mal funcionamiento de estos genes homeóticos dio lugar a que las plantas afectadas produjesen flores totalmente constituidas de sépalos (asemejándose a diminutas alcachofas).

Por tanto, agradezcamos que la «lógica de la vida» hiciese posible que hace unos 400 millones de años en una planta altamente primitiva apareciese por primera vez el esquema ABC de obtención de órganos reproductivos y su regulación homeótica ya que si ello no hubiese sido así nuestra vida estaría rodeada de menos color y no se habrían escritos bellos poemas como el ácido gamma linolénico Acaso de Antonio Machado.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Dos diferentes investigaciones aportan datos favorables sobre dos alimentos mediterráneos. La vitamina C, presente en los cítricos, hace disminuir el riesgo de formación de cálculos biliares. Y, por otra parte, investigadores españoles han encontrado que una dieta mediterránea acompañada del consumo de nueces hace mejorar sensiblemente los niveles de las lipoproteínas LDL («colesterol malo») así como del colesterol total.

BORRAJA

El aceite extraído de esta hierba mediterránea contiene una 24% de ácido gamma linolénico al que se le atribuye los buenos resultados revelados en una reciente investigación inglesa que demuestra que en los cánceres de mama tratados con tamoxifen la ingestión oral diaria de 2,8 gramos de ese aceite produjo una mejor y más rápida respuesta clínica.

ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA

En esta ocasión sus efectos benéficos no dependen de su ingesta oral. Una investigación japonesa ha demostrado en ratones pelados que los efectos perjudiciales sobre la piel de la radiación solar ultravioleta (cánceres de piel) resultan muy disminuidos si tras la exposición solar se le aplicaba a la piel una capa de aceite de oliva virgen extra. El aceite de oliva normal fue menos eficaz que el virgen.

DOMINGO DE RAMOS, PALMERAS Y CIENCIA

Por Santiago Orts Pérez, biólogo y gerente de Viveros Huerto del Cura.

Hoy, Domingo de Ramos, es el día en que los cristianos celebramos la entrada triunfal de Cristo en Jerusalén; allí fue recibido y aclamado el Mesías con ramas de olivo y hojas de palmera. Esta manera de comenzar la Semana Santa Cristiana, con una procesión de palmas blancas, ha quedado, después de 2000 años, como una costumbre casi exclusivamente mediterránea que no se entendería sin la existencia de estas peculiares palmas que se obtienen casi exclusivamente del Palmeral de Elche, recientemente declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Este es uno de los pocos usos que quedan en Occidente de una de las plantas a las que, quizá, el ser humano debe un mayor agradecimiento. Las palmeras son plantas monocotiledóneas, una gran familia de plantas que incluye entre otras a las gramíneas, que se caracterizan, entre otros muchos aspectos, por carecer de lignina. La lignina es uno de los componentes que junto con la celulosa dan a la madera las propiedades de la dureza y resistencia.

DOMESTICACIÓN. Las monocotiledóneas son plantas muy primitivas, carecen de floraciones atractivas a la vista y son herbáceas, por lo que en lugar de produ-

cir madera originan fibra vegetal. Por ello, la palmera, estrictamente no es un árbol, pero, a cambio, posee una flexibilidad que les permite aguantar, sin romperse, la fuerza de los vientos huracanados. En las monocotiledóneas, además, la circulación de la savia no es periférica, sino que viaja por el centro del tronco, lo que permite que las palmeras sean resistentes también al fuego. Así, pues, hablamos de plantas que, aun siendo primitivas, poseen una extraordinaria capacidad para la supervivencia y se tienen multitud de registros fósiles de palmeras del oligoceno (entre 20 y 30 millones de años de antigüedad).

Las palmeras son las primeras plantas de porte grande que domesticó el hombre nómada. Así lo demuestran los testimonios gráficos más antiguos de nuestra civilización, desde las primeras escrituras cuneiformes hasta los grabados egipcios con más de 5.000 años de antigüedad, y la palmera se hace omnipresente cuando se tiene que representar la fecundidad de la tierra.

Conocida, en el libro del Génesis, como el «Árbol de la Vida », la palmera ha acompañado al hombre desde tiempos muy remotos. En los primeros asentamientos de pueblos nómadas (miles de años antes de la cultura egipcia) en el delta entre Eufrates y Tigris (Mesopotamia), la subsistencia agraria se basaba en el cultivo de la palmera: «el árbol de los cien usos», como se transcribe en los primeros restos escritos encontrados en la antigua Babilonia.

En los países del Norte de África, la economía agraria de oasis sigue hoy siendo la base de la subsistencia para millones de personas. Bajo el microclima que crea la sombra de las palmeras, se cultivan hortalizas, árboles frutales y plantas forrajeras donde pastará el ganado para obtener la leche y la carne.

ALIMENTO. El fruto de la palmera es un excelente nutriente. El dátil es una baya con unas propiedades nutricionales notables: con un 70 % de azúcares, son ricos en calcio, fósforo, potasio, magnesio, hierro, vitamina A, vitamina C y otras seis vitaminas del grupo B. Tan sólo con un puñado de dátiles diarios (100 gramos, es decir, unos 8 ó 9 dátiles), se satisfacen las necesidades diarias de nuestro organismo en hierro, potasio, magnesio, vitaminas B5, B9 (folatos, actualmente tan de actualidad por sus efectos beneficiosos en las mujeres en edad fértil), aportando una energía equivalente a 278 Kcal. y, concretamente,

tanta vitamina C como la que posee un kiwi, fruta caracterizada por su alta riqueza en esta vitamina.

Por ello, resulta llamativo que la palmera datilera (Phoenix dactylifera L.) sea la única palmera que, junto con el palmito brasileño (Euterpe edulis), haya sido totalmente arrasada de su hábitat natural. Actualmente no hay poblaciones naturales de ninguna de las dos, ya que el hombre, a lo largo de la historia diezmó todas las existentes naturalmente. Pero ello no significa que esté en peligro de extinción, ya que se estima que en todo el mundo hay entre 90 y 100 millones de palmeras datileras, la mayoría cultivadas con gran esmero.

VARIEDADES. La datilera es sólo una de las 2.800 especies de palmeras que habitan la Tierra. El resto de las especies se distribuyen siguiendo el cinturón tropical y subtropical del planeta, aunque no de forma exclusiva pues hay otras muchas que viven en el Hemisferio Sur.

Las palmeras siguen siendo los Príncipes del Reino Vegetal (así las clasificó Linneo inicialmente). Ostentan estos príncipes una serie de curiosos récords dentro de este Reino: la semilla más grande del mundo puede pesar casi 20 kg y pertenece a Lodoicea maldivica, una palmera nativa de las Islas Seychelles. La hoja más grande de una planta es la de la Raphia regalis, una palmera africana que puede medir 25 metros de largo y casi 3 de ancho. E, igualmente impresionante resulta la inflorescencia más grande, que pertenece a otra palmera, la Corypha umbraculifera, con una altura de casi 9 metros. De todas las monocotiledóneas, la mayor también es una palmera, que alcanza más de 60 metros de altura: la Ceroxylon quinidiuense.

Por otra parte, son unas plantas extraordinariamente versátiles a la hora de su adaptación a un entorno hostil, capaces incluso de resistir, como hemos comentado, el ataque del fuego. Pudiera ser que fuera esta capacidad de resurgir de sus cenizas lo que las hizo acreedoras de llamarse Phoenix, nombre genérico de la datilera.

Las palmeras colonizan multitud de hábitats distintos: selvas, sabanas, desiertos, manglares, ríos, lagos, montañas, roquedos, valles, islas, etc. Allá donde encontremos palmeras siempre existen comunidades estables de hombres que viven de

ellas o asociados a ellas. La economía agrícola de subsistencia, en multitud de países subdesarrollados y con pocos medios, se mantiene gracias a elementos que se obtienen de las palmeras: el aceite y la fibra de coco (Cocos nucifera), el dátil, el palmito o el aceite de palma, un elemento tan básico para la cocina de toda la sociedad oriental como para nosotros lo es el aceite de oliva.

Esta dependencia hombre-palmera se repite por todo el planeta y así ha sido a lo largo de toda la historia, es una asociación aparentemente casi inseparable. Pero he aquí otra gran paradoja de nuestro mundo, cuando el hombre se hace desarrollado y encuentra otras fórmulas para sobrevivir, se olvida de su gran aliado ancestral lo que nos conduce a tenernos que plantear una inevitable cuestión: ¿Qué ha hecho la Ciencia por las palmeras?.

LAS PALMAS BLANCAS

Técnicos de una empresa ilicitana han desarrollado un nuevo método de obtención de palma blanca. El sistema tradicional de extracción, etiolado mediante encapuruchado, es muy agresivo. Se estima que anualmente se encapuruchan unas 20.000 palmeras adultas (mayores de 50 años de edad) y que, tras el proceso, más de un 10 % de las palmeras muere y el resto tarda unos 4 años en recuperarse. El nuevo método no es agresivo, permite la producción de palmas blancas en palmeras muy jóvenes, elimina la mortandad y reduce el tiempo de recuperación a 1 año. Actualmente los resultados de dicho método se encuentran en proceso de evaluación por los técnicos municipales del Ayuntamiento ilicitano.

IPS

Una Asociación Internacional, la IPS (International Palm Society, www.palms.org) formada por más de 4.000 miembros de todo el mundo, se reúne cada 2 años en un lugar del planeta con objeto de estudiar las palmeras y divulgar su conocimiento. La próxima bienal, en septiembre del 2002, se celebra-

rá en Europa y los países anfitriones serán Francia, Italia y España. Los lugares elegidos para visitar en España son el Palmeral de Elche y, probablemente, las comunidades de palmito (Chamaerops humilis) del Parque Natural de Calblanque.

SALINIDAD

La palmera datilera tiene un ritmo de crecimiento muy lento, crece poco más de 10 cm de tronco al año, lo que significa que para alcanzar una altura de 10 metros tarda todo un siglo. Es interesante que las palmeras datileras son unas de las plantas cultivadas que mayor salinidad en el agua de riego resisten. Una planta normal, como el naranjo o el melocotonero, tolera una salinidad de 5 mmhos por cm, mientras que la palmera datilera resiste casi 4 veces ese valor: unos 18 mmhos por cm.

DE MOAS, EMÚES Y CASUARIOS

El 2001 está declarado como el año de la Biodiversidad, un año en el que los humanos debemos reflexionar sobre los desastres que algunas de nuestras actividades provocan al respecto. Entre ellas la de matar animales, extinguiendo a muchas especies, muchas veces no por razones de supervivencia (comida y vestido) sino por meros fines ornamentales o de diversión.

Cuando los exploradores europeos, en el siglo XVII, llegaron a Australia y a Nueva Zelanda quedaron fascinados por la gran variedad de la fauna existente. Y se asombraron ante una serie de grandes aves no voladoras, cuyo aspecto recordaba al de los avestruces. A una de ellas, la moa, ya extinguida por la acción del hombre, nos vamos a referir, explicando lo que la Ciencia actual puede ayudarnos en su conocimiento e, incluso, con la lejana esperanza de poder conseguir «resucitar» la especie.

CLASIFICACIONES. Los árboles evolutivos usualmente se construyen teniendo en cuenta las peculiaridades físicas de apariencia. Pero ello puede no corresponder a los acontecimientos moleculares de la evolución biológica. ¿Qué relación existe entre aves parecidas como moa, kiwi, emú y casuario?

El kiwi (Apteryx australis), sigue viviendo en Nueva Zelanda, siendo un ave extraña, cubierta con un raro plumaje de una especie de pelos con bárbulas, poseyendo las fosas nasales en el extremo del pico, al contrario que otras aves. Es noc-

turna y por el olfato detecta a los gusanos y larvas de los que se alimenta. Clásicamente se le clasifica en el orden de los apterigiformes.

El emú (Dromaius novaehollandiae), del orden de los casuariformes, es una de las mayores aves del mundo. Su plumaje son plumas bífidas que parecen pelos. El macho es quien incuba los huevos. Es nómada e inofensivo y el hombre ha aniquilado sus múltiples especies, salvo al emú común que todavía vive en cantidad apreciable en las estepas australianas. A principio de siglo los ovejeros los mataban, bajo pretexto de que se comían parte de la hierba que alimentaba a sus ovejas. Sólo en el estado de Queensland, en dos años, se destruyeron 110.000 huevos y se mataron a 130.000 emúes. Para detener la matanza, en 1932, intervino el ejército australiano. Actualmente el emú es un animal protegido.

El casuario (Casuarius), orden de los casuariformes, vive en los bosques, posee una altura entre 1,2 a 1,8 metros y alas cortas y rudimentarias, cuello corto y plumas sedosas de aspecto piloso negro parduzco. Los machos incuban los huevos, de color verde oscuro. Pueden correr a velocidades cercanas a los 50 km/h. Al final del siglo XIX se describían hasta 11 especies diferentes que hoy han quedado reducidas a tres. Su carne ha sido siempre muy apreciada para los habitantes de Nueva Guinea y Australia.

MOAS. El moa, del orden dinornitiforme, era un ave rátida (con esternón plano) no voladora, existiendo 11 especies diferentes descritas. Alguno de gran envergadura, de hasta 4 metros, como el Dinornis giganteus, mientras que otro, como el Euryapteryx curtus, era del tamaño de un pavo. Vivían en los bosques que cubrían casi completamente Nueva Zelanda, con anterioridad al despeje boscoso realizado por los maoríes. Estaban muy extendidos en Nueva Zelanda cuando fue colonizada por primera vez hace unos mil años, pero ya estaban extintos o muy escasos cuando en 1769 el primer explorador y navegante británico, el capitán James Cook, visitó el lugar. La acción exterminadora humana, con fines alimenticios, provocó su completa desaparición hace varios siglos.

Su carácter de rátidas, lo compartía con otras aves no voladoras de diversos continentes: avestruz (África), emú (Australia), casuario (Nueva Zelanda), rea (América del Sur), etcétera. Los moas no tenían siquiera alas rudimentarias. Sus patas eran

muy robustas y relativamente cortas. En cualquier caso las clasificaciones morfológicas clásicas hacen aparecer al moa más cerca del kiwi que del emú o casuario.

ADN. La antigüedad y renombre de la Universidad de Oxford, en el Reino Unido, que ya existía a principios del siglo XII, son legendarios. Entre sus virtudes cuenta la de adaptarse a los avances científicos y contar con excelentes Centros en los que se realiza ciencia de vanguardia.

Uno de ellos es el Centro de Antiguas Biomoléculas, en el que con técnicas de la moderna genómica se investigan viejas muestras arqueológicas. Consta de dos instalaciones separadas. La instalación de ADN antiguos, ubicada en el Museo Universitario de Historia Natural, es extremadamente sofisticada y segura. Con presiones negativas y positivas de aire, especialmente distribuidas en los laboratorios de investigación, se consigue que a las muestras de ADN no les alcance ningún contaminante externo a la vez que el ADN extraído tampoco contamina al medio exterior. En cuanto a la instalación de Análisis moleculares, en el edificio de Zoología, cuenta con modernísimos laboratorios para amplificar, caracterizar y secuenciar el ADN previamente extraído, con precauciones muy sofisticadas para evitar el gran peligro, siempre al acecho, de contaminación de las muestras de ADN por otros ADN contemporáneos de origen humano o no humano.

Los logros que nos mostraba el filme Parque Jurásico para hacer «resucitar» animales extintos como los dinosaurios, aún no son factibles. Pero otras aproximaciones parecidas sí lo son. Científicos que trabajan en las instalaciones de Oxford y otros, de diferente procedencia, acaban de conseguir, por vez primera hasta la fecha, a partir de restos óseos, la secuenciación y reconstitución del genoma completo mitocondrial del moa, lo cual es un logro singular ya que el ADN raramente permanece preservado en muestras fósiles porque se rompe muy fácilmente por calor, aguas ácidas y otras circunstancias. En este caso los restos óseos de los moas se encontraron en el interior de cuevas montañosas aisladas y muy frías, donde se han preservado incluso trozos de piel y plumas. Se han encontrado multitud de fragmentos de sus huevos de cáscara gruesa, y algunos enteros, uno de ellos con un gran embrión en su interior.

¿Por qué el ADN mitocondrial?. Porque es un ADN relativamente sencillo, de estructura circular, con «sólo» unos 17.000 pares de bases en lugar de las más de

3.000 millones existentes en el núcleo. Y lo más interesante es que el ADN mitocondrial se hereda exclusivamente por vía materna, por lo que, a salvo de mutaciones eventuales, el ADN mitocondrial de un ser vivo es idéntico al de su madre, al de su abuela materna, bisabuela materna y así sucesivamente.

Como este ADN presenta una velocidad de mutaciones relativamente alta y constante, ello permite estudiar retrospectivamente las divergencias evolutivas. Y la comparación con los sistemas tradicionales de árboles filogenéticos puede ser muy valiosa. Por ejemplo, los análisis morfológicos de las aves rátidas no voladoras tienden a agrupar al moa con el kiwi, mientras que, por el contrario los datos de ADN sugieren su distanciamiento evolutivo del kiwi, agrupándolos con los más recientemente desgajados evolutivamente, el emú y el casuario. Y queda la esperanza de que este tipo de investigaciones puedan servir para en el futuro el hombre pueda obtener alguna de las especies que la acción del propio hombre hizo extinguir.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Un nuevo estudio epidemiológico recién publicado en la revista JAMA avala las excelencias del consumo de pescado respecto a la salud cardiovascular. En esta ocasión se investigaron los hábitos alimenticios de 80.000 enfermeras durante 14 años. Un consumo alto de pescado se ligó a una reducción del 48% de infartos. Aunque los datos son muy sugerentes pueden existir otras causas coadyuvantes como que este tipo de personas pueden tener asociados otro tipo de hábitos saludables: menor consumo de tabaco, mayor ejercicio, menor ingesta de grasas saturadas, mayor consumo de vitaminas, etcétera.

VIRUS SINTÉTICOS

Se ha celebrado recientemente, en San Francisco, el Congreso anual de la American Association for the Advancement of Science, una de las mayores asociaciones de científicas mundiales. En la intervención del Dr. Clyde Hutchinson, del

Institute for Genomic Research, indicó que los progresos en el campo de la genómica son tan veloces que considera muy próxima la fecha de la obtención en el laboratorio de virus sintéticos que podrían diseñarse para diversas utilidades biomédicas tales como la terapia génica. Los genomas virales suelen contener unas 10.000 pares de bases de información y ya existe ADN, sintetizado en laboratorio, de más de 3.000 pares de bases de longitud.

IMPACTO EXTRATERRESTRE

Es conocido que hace unos 65 millones de años ocurrió un cataclismo en la Tierra por una colisión con un meteorito o cometa que condujo a una gran extinción de seres vivos, entre ellos los dinosaurios. Investigaciones recientes confirman que el fenómeno no fue único ya que hace unos 250 millones de años tuvo lugar otro suceso análogo, en la transición del periodo paleozoico a la mesozoico, también con origen extraterreno, ya que se han encontrado en los sedimentos de esa época en Japón y China, restos de estructuras moleculares fullerénicas también presentes en los meteoritos carbonáceos.

LA EXTRAORDINARIA Y SIN IGUAL JULIA CREEK

Fue vista en público por vez primera en 1931, pero sus peculiaridades no comenzaron a hacerse vigentes hasta 1979. Se creyó que había desaparecido, pero en 1991 y 1992 algunos testigos dijeron haber detectado su existencia, en unas brevísimas presencias. Pero, no ha sido hasta muy recientemente, cuando se ha descubierto el carácter extraordinario y sin igual de esta inigualable criatura que, a pesar de ser mamífera, es capaz de respirar a través de la piel.

El verdadero nombre de nuestra rara protagonista es el de Smithopsis douglasi, aunque se le conoce vulgarmente como ratoncillo marsupial Julia Creek, ya que los primeros ejemplares observados lo fueron en Australia, cerca de las poblaciones de Julia Creek y Richmon. El meteorito calificativo de marsupiales se debe a que este tipo de animales, cuyos ejemplos más populares pueden ser el canguro, el koala o el tigre de Tasmania, poseen una bolsa o marsupio formado por un pliegue de la piel, a fin de que los recién nacidos permanezcan allí hasta que alcancen el estado de madurez que les permita valerse por sí mismos, ya que vienen al mundo en un estado muy prematuro, siendo de menor duración el tiempo de su gestación que el que permanecen en la bolsa marsupial, en cuyo interior se encuentran las glándulas mamarias.

MARSUPIALES. Estos curiosos animales aparecieron como una nueva rama del árbol evolutivo de los mamíferos en el Cretáceo, hace unos 160 millones de

años, indicando los hallazgos fósiles que su origen pudo estar localizado en la primitiva placa continental antártica. Cuando se separaron las placas de América y Australia ya existían marsupiales, que sufrieron unos procesos evolutivos individualizados, siendo la población más numerosa la de Australia debido a que allí no existían mamíferos placentarios depredadores, que aparecieron más tarde que los marsupiales.

En la actualidad sólo siguen existiendo marsupiales en Australia y América Central y los componentes de este orden zoológico, el único que integra la infraclase Metatheria, se distribuyen en nueve familias que agrupan a un total de más de 250 especies conocidas. Se encuentran en franca regresión. En América porque a fines del Período Terciario el istmo terrestre de Panamá volvió a comunicar América del Sur con la del Centro, con lo que un gran número de mamíferos placentarios depredadores emigraron hacia el Sur exterminando a la mayor parte de la fauna marsupial. En cuanto a Australia su riqueza marsupial es mayor y, en este caso, el mayor peligro radica en el hombre, en sus prácticas agrícolas y ganaderas sobre tierras antes vírgenes. Citando a expertos como Slatyer y Perry, en Australia, «el hombre, en menos de un siglo ha ocasionado más degeneración de los recursos ecológicos, que el ocasionado por los aborígenes durante más de 20 ó 30 mil años». Actualmente, en Australia existen algo más de 50 géneros de marsupiales que se refugian en las zonas ecológicas y entre ellos existen variedades, que por su apariencia, se conocen como «lobos», «gatos», «topos» y varias clases de roedores. En concreto, los canguros y wallabis serían la traducción marsupial de los ciervos y antílopes.

JULIA CREEK. Se trata del menor marsupial insectívoro conocido en Australia, con un peso entre 40 y 70 gramos. Desde el punto de vista científico la primera documentación de su existencia se remonta al año 1931 y, hasta 1972, sólo se habían capturado 4 animalitos de este tipo. Hace unos diez años se pudieron obtener otros tres ejemplares, conseguidos gracias al trabajo casi detectivesco de la profesora Patricia Woolley, de la Universidad de La Trobe, investigando en el campo los restos dejados por las lechuzas y otros depredadores a fin de seguir el posible rastro de los pequeños marsupiales. Ello le posibilitó el colocar las tram-

pas adecuadas y los animales capturados en su laboratorio dieron origen a una numerosa colonia de más de medio centenar de ejemplares, lo que ha permitido estudiar sus peculiaridades.

Su periodo de gestación es de 12 días. Las hembras suelen tener un parto al año y las camadas pueden alcanzar hasta unos 8 ejemplares. Cuando nacen, su tamaño es minúsculo: unos 4 milímetros. En cautividad la madurez de las hembras se alcanza entre las 17 y 27 semanas. La de los machos es más tardía: entre 28 y 31 semanas. Animales nocturnos, aunque su alimentación principal está constituida por insectos, ocasionalmente también pueden comer pequeños vertebrados como lagartijas y ratoncillos.

RESPIRACIÓN. Lo que ha constituido un fascinante descubrimiento científico ha sido la comprobación de que los animales recién nacidos, protegidos en el interior del bolsillo marsupial materno, respiran a través de la piel, en contra de la opinión previa de los científicos de que ello era imposible en los mamíferos. Algunos animales de sangre fría, como ciertas ranas y salamandras, poseen la capacidad de tomar aire a través de su piel. Y algunos vertebrados acuáticos de sangre fría pueden comportarse del mismo modo, a través de su delgada capa de piel. Sin embargo, los mamíferos, que por su mayor actividad necesitan más oxígeno, suelen desarrollar una gruesa piel para que el calor, producido como consecuencia de su metabolismo celular, sea retenido y no escape, a fin de poder mantener temperaturas frecuentemente superiores a las ambientales. Pero, ello lleva consigo la imposibilidad de realizar un intercambio gaseoso a través de la piel.

Como suele suceder, en este caso también la «serendipia» (mezcla equilibrada de azar y perspicacia) acudió a su cita con la ciencia. Un prestigioso fisiólogo, experto en respiración de recién nacidos, Jasopo Mortola, visitaba la Universidad de La Trobe para tratar de una investigación común con el investigador de esa Universidad Peter Frappell. El Dr. Frapell, como curiosidad, sin que ello tuviera nada que ver con el proyecto común, invitó al Dr. Mortola a ver los ratoncitos marsupiales Julia Creek. El Dr. Mortola pronto verificó que los animalitos recién nacidos no parecían mover ningún músculo respiratorio. Y las correspondientes investigaciones demostraron que, al nacer, su piel es tan delgada que se transparenta y per-

mite vislumbrar sus órganos internos. Su nacimiento es muy prematuro, y una vez fuera del claustro materno, necesitan el oxígeno para su metabolismo. Por otra parte, dado su diminuto tamaño, algo más que el de un grano de arroz, el cociente entre su superficie corporal y su peso es alto. Por ello, la solución es la respiración a través de la piel, cuya proporción va disminuyendo paulatinamente, de modo que a las tres semanas ya se ha reducido al 50% del valor total.

¿Se trata sólo de una curiosidad zoológica?. No, ya que su estudio podrá proporcionar conocimientos nuevos sobre los procesos evolutivos de los mamíferos, la relación entre el proceso respiratorio y los mecanismos energéticos o los lazos genéticos que puedan sustentar el proceso. En todo caso, también habrá servido para salvar de la extinción a estos extraordinarios y sin igual ratoncillos marsupiales Julia Creek.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Como consecuencia de investigaciones realizadas en colaboración con la prestigiosa Universidad canadiense de McGill, un equipo investigador de la compañía FORBES MEDI-TECH INC. ha desarrollado una mezcla especial de aceites que consumida por los humanos (aplicaciones culinarias, aderezar ensaladas, etcétera) consigue eliminar una mayor cantidad de energía metabólica en forma de calor que la normal, evitando la ganancia de peso, a la vez que reduce más del 14% los niveles del «colesterol malo» en menos de un mes, y los niveles de triglicéridos no aumentan. En su composición participan esencialmente fitosteroles vegetales.

ROBOT

Acaba de ponerse a la venta en Estados Unidos el robot doméstico i-Robot-LE, al precio de unos 4.500 dólares. Puede subir y bajar escaleras, girar la «cabeza», y posee cámara de grabación, micrófono, altavoces, etc. Se puede controlar

a distancia, desde cualquier lugar del mundo, a través de Internet, permitiendo labores de vigilancia, conversación y otras muchas aplicaciones futuras que se encuentran en desarrollo. El próximo modelo también poseerá brazos y pinzas para asir objetos.

GRAN TELESCOPIO CANARIO (GTC)

La construcción del GTC, por un importe total cercano a los 20.000 millones de pesetas y que será el mayor del mundo cuando se complete en el año 2003, ha recibido un buen impulso con la participación de una gran universidad, la Universidad de Florida, que costeará el 5% del proyecto y con la que se ha contratado la construcción de la cámara infrarroja, bautizada como Canaricam. En correspondencia, esa Universidad podrá usar, exclusivamente, el GTC 12 noches cada año así como otras 8 noches adicionales, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias.

LA VIDA SON 400 GENES

Joubert expuso lúcidamente que «On a besoin pour vivre de peu de vie; il en faut beaucoup pour agit», cuya traducción libre podría ser la de «Para vivir basta un poco de vida; para hacer algo de provecho se necesita mucho más». Nosotros vamos a permitirnos aprovechar esta colaboración en el contexto literal de la frase para intentar buscar el significado biológico de la primera parte de la aseveración anterior.

¿Cuáles son los componentes moleculares y los requerimientos mínimos que se necesitan para que exista vida?. En caso de conocerlos, ¿podremos crear vida en el laboratorio, a partir de materia inanimada?. Todos sabemos hoy día que los genes son los responsables portadores de la información que, una vez expresada en forma de las diversas moléculas y estructuras, mediante complejísimos sistemas de regulaciones biológicas, dan lugar a ese proceso maravilloso que denominamos vida, con el que abarcamos desde seres tan evolucionados y complicados como el hombre, hasta las formas más elementales vivas como pueden ser ciertos microorganismos. Esas diferencias se reflejan no sólo cualitativa, sino cuantitativamente. Entonces, ¿cuál es el número mínimo de genes necesarios para mantener la viabilidad de un sistema vivo?.

MICOPLASMA. Los humanos poseemos un número de genes considerable, aunque todavía no bien determinado, posiblemente unos 50.000. Una bacteria, como Escherichia coli, que es un organismo vivo sencillo, posee unos 3.000 genes.

Los virus también poseen genes (a veces, hasta centenares de ellos) y proteínas, pero no se consideran organismos vivos, ya que para clasificarlos como tales se han de cumplir dos requisitos: poder vivir libres en la naturaleza y ser capaces de autorreplicarse (perpetuarse) por sí mismos. Es bien sabido que los virus sólo se replican, es decir, presentan actividad biológica, cuando invaden a otras células bacterianas, vegetales o animales y utilizan algunos de sus recursos metabólicos.

Para buscar los organismos vivos más sencillos hemos de acudir a los Micoplasmas, un género que es parte del grupo de eubacterias denominado Mollicutes, que pueden cambiar de forma (pleomorfismo), ya que carecen de pared celular, que es sustituida por una membrana con tres capas lipoproteicas que contienen esteroles. Ello les hace resistentes a los antibióticos que, como la penicilina, inhiben la síntesis de la pared celular. Los micoplasmas son parásitos de las mucosas y producen enfermedades en las personas y algunos animales domésticos. La neumonía se puede ocasionar por el Mycoplasma pneumoniae y otras diversas infecciones urinarias por el Mycoplasma genitalium. Su tamaño es pequeño, desde 125 a 250 nanómetros (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro) y su genoma, en ocasiones, no llega a duplicar al de los mayores virus conocidos. En cualquier caso los micoplasmas pueden replicarse perfectamente, por sí solos, en las condiciones adecuadas del laboratorio, siendo, pues, las formas más elementales vivas conocidas.

MÍNIMOS. Diversos grupos de investigación, estos últimos años, han abordado el problema del conocimiento, en diversos organismos, del genoma mínimo que sería necesario para el crecimiento celular y la división. En levaduras se ha evaluado en un porcentaje próximo al 12% de su genoma total y en la bacteria Bacillus subtilis en una longitud de 562 kilobases (una base es una de las 4 letras cuya secuencia se corresponde a las moléculas de ADN). Por otra parte, conforme el Proyecto Genoma va consiguiendo conocer las secuencias completas de diferentes organismos, se han comparado las ya obtenidas, en el supuesto de que los genes que se conservan a través de las grandes distancias filogenéticas son precisamente los más esenciales. De acuerdo con ello, se han llegado a proponer a 256 genes como los mínimos necesarios para que sea posible la vida.

Recientemente se dio a conocer en la revista Science, el resultado de una investigación realizada por ocho científicos americanos, pertenecientes a dos instituciones. Entre ellos se encuentra J. Craig Venter, quien es el motor conductor del rápido desarrollo del Proyecto Genoma Humano en la iniciativa privada liderada por la compañía Celera Genomics. En esta investigación los genomas de partida han sido dos previamente conocidos y secuenciados totalmente, que se corresponden al Mycoplasma pneumoniae y al Mycoplasma genitalis. El primero posee un tamaño de 816 kilobases y algo más de 700 genes, mientras que el Mycoplama genitalis, con 580 kilobases es el organismo vivo más simple conocido. Tiene un total de 517 genes de los cuales 480 codifican la obtención de las correspondientes proteínas y el resto, es decir, 37 genes, son codificantes de moléculas de ARN.

TRANSPOSONES. La técnica de genética molecular usada para conocer los mínimos genes vitales es compleja experimentalmente, pero fácil de entender conceptualmente. La podemos denominar como mutagénesis global de transposones y consiste en usar transposones, que son porciones específicas de material genético, para anular e inutilizar a los diferentes genes de un genoma. Tras cada anulación de un gen individual, en cada caso se estudia si el organismo sigue siendo viable (ello significa que el gen no es esencial para la viabilidad, en las condiciones del laboratorio) o si no es viable (en este caso el gen sí es imprescindible para la vida, en las condiciones del laboratorio).

Los resultados obtenidos, una vez analizados y depurados, han mostrado que el micoplasma complejo poseía genes similares a todos los presentes en el micoplasma sencillo, más otros específicos adicionales. Y lo más importante es que de los 480 genes codificadores de proteínas existentes en el micoplasma sencillo, un número comprendido entre los 265 y 350 eran los esenciales para permitir el crecimiento en las condiciones de laboratorio. La función de la mayoría de ellos ya se conoce, pero aún falta por investigar las funciones características de unos 100 de estos genes. Como los autores concluyen: «La presencia de tantos genes de función desconocida entre los genes esenciales de la célula más simple conocida sugiere que todavía no conocemos todos los mecanismos básicos moleculares

sustentadores de la vida celular». En todo caso, los datos ya conocidos podrían ser el punto de partida de otros experimentos que, salvo condicionamientos éticos a tener en cuenta, pudieran conducir a la obtención mediante ingeniería genética de una célula artificial, con un genoma mínimo, capaz de vivir en las condiciones de laboratorio. Y una consideración final: si alrededor de 300 genes parecen ser los mínimos para sustentar la vida celular, ese número significa menos del 1 % de la maravillosa y rica complejidad del genoma humano.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Buenas noticias respecto al consumo de aceite de oliva en los casos de hipertensión. Así lo demuestra una investigación hecha por científicos italianos y publicada en la revista Archives of Internal Medicine, sobre pacientes hipertensos cuyas dietas normales incluían un 34% de calorías de grasas, con un 11% de grasas saturadas. Se les recomendó seguir durante seis meses una dieta con un total de 26% de calorías procedentes de grasas, con un 6% de grasas saturadas. La mitad de ellos utilizaron como fuente principal de lípidos el aceite de oliva virgen. El otro 50% en lugar de aceite de oliva consumieron aceite de girasol. Los primeros lograron un descenso mucho más acusado en la presión arterial que los segundos, de modo que a la mayoría de los consumidores de aceite de oliva, al cabo de los seis meses, se les hizo disminuir o suprimir sus medicamentos para reducir la tensión.

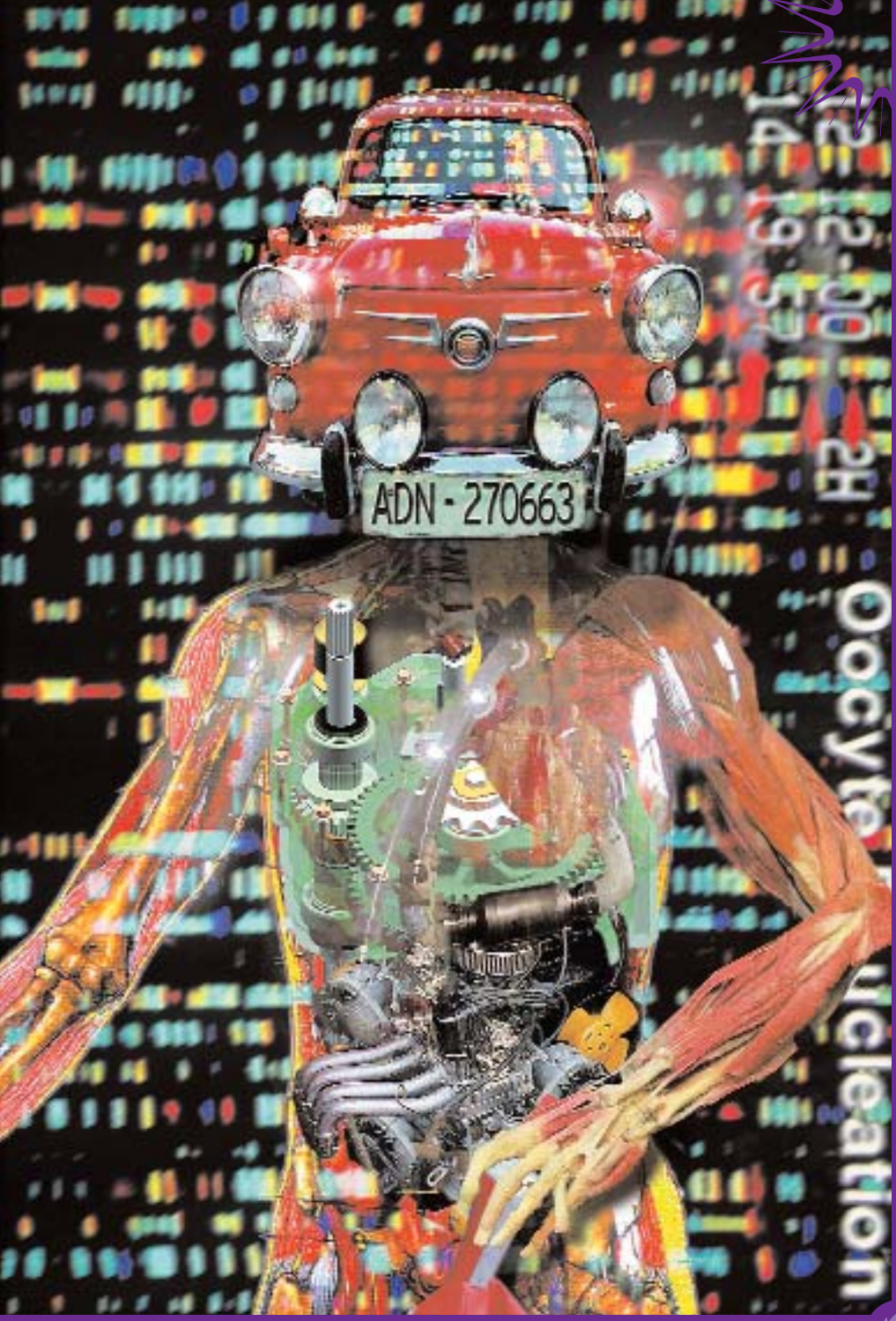
VITAMINAS Y ENVEJECIMIENTO

La Universidad de Hawai y otras Instituciones de esa zona del mundo están realizando un gran estudio sobre el envejecimiento. Como parte del mismo se está realizando una investigación, con una duración de unos 25 años, sobre 3.385 varones de edades comprendidas entre 71 y 93 años para comprobar la relación entre consumo de vitaminas C y E y funciones cerebrales y rendimiento cognitivo

en la edad madura y envejecimiento. En general, los datos parecen ser muy positivos, aunque no se encontró ningún efecto protector sobre los enfermos de Alzheimer.

SAL Y CATARATAS

Investigadores australianos, en el último número de la revista American Journal of Epidemiology, han publicado el resultado de sus investigaciones, realizadas sobre 3.000 adultos de edades comprendidas entre los 49 y 97 años. La principal conclusión es la de que un alto consumo de sal dobla el riesgo de sufrir cataratas y, en concreto, una de sus formas peores, la conocida como cataratas subcapsulares. Este hallazgo confirma las sospechas deducidas de otros estudios anteriores realizados sobre animales y humanos que también apuntaban a esa correlación entre ingesta de sal y cataratas.



© PACO HERNÁNDEZ

Motores y cajas de cambio vitales

MOTORES Y CAJAS DE CAMBIO VITALES

Todos los seres vivos consisten de células que se multiplican a través de procesos de división celular. Y no podemos olvidar que un ser humano posee aproximadamente unos 100 billones de células, originadas todas a partir de la multiplicación mitótica inicial de una primera célula, la del óvulo, precursora de las posteriores agrupaciones celulares especializadas que constituyen los órganos o tejidos.

Por tanto, en el proceso de desarrollo concurren dos procesos celulares estrechamente relacionados: la proliferación y la diferenciación. Normalmente existe una relación inversa entre ambos procesos de modo que a una mayor (menor) diferenciación le corresponde una menor (mayor) proliferación. Células muy diferenciadas como las nerviosas se dividen muy poco o nada, mientras que el huevo recién fecundado crece rápidamente por divisiones celulares mitóticas.

CICLO CELULAR. Pero, aparte de las etapas de desarrollo, en los adultos siempre existen una gran cantidad de células en división que proporcionan nuevo material celular para reemplazar a las células que continuamente van muriendo. Antes de que una célula se divida primero ha de crecer en tamaño, duplicar sus cromosomas y separarlos para su distribución exacta entre las dos células hijas. Una operación de división celular se coordina a lo largo de lo que se conoce como ciclo celular. Defectos en el control del ciclo celular pueden originar alteraciones cromosómicas como las que se presentan en las células cancerosas.

Por tanto, los ciclos celulares están íntimamente relacionados con fenómenos biológicos tan esenciales e importantes como son la proliferación, la diferenciación, el desarrollo y la carcinogénesis. De ahí la importancia del conocimiento de sus mecanismos de operación.

En un proceso completo de división celular se distinguen varias fases. En la primera fase (G1), la célula crece. Cuando alcanza un tamaño adecuado, entonces existen dos posibilidades. Quedar en una fase de reposo Go o bien iniciar de la fase (S) de síntesis o duplicación de su material genético, su ADN, dando lugar a la duplicación de sus cromosomas. La fase siguiente (G2) consiste en la preparación de la célula para su división. Ello ocurre en la fase final que completa el ciclo, la mitosis (M), en la que tiene lugar la separación de los cromosomas y la división celular. Por tanto, al completarse el ciclo celular, la célula inicial se ha transformado en dos células iguales idénticas a la original. La duración del ciclo varía con el tipo de célula, pero la mayoría de las de mamíferos necesitan entre 10 y 30 horas para completarlo.

RESPUESTAS. La aplicación de los conocimientos y técnicas de las modernas Genética Molecular y Biología Molecular está permitiendo que se comiencen a conocer respuestas a preguntas tales como: ¿Qué es lo que hace que una célula de un organismo adulto permanezca quiescente o comience una intensa división?. ¿Cómo se regulan los procesos de proliferación?. ¿Cómo una proliferación incontrolada degenera en un cáncer?. ¿Cómo y por qué se diferencian y especializan los órganos y tejidos?. ¿Se podrían controlar o modificar todos estos procesos con fines terapéuticos?.

Leland H. Hartwell, R. Timothy Hunt y Paul M. Nurse, los anunciados ganadores de los Premios Nobel de Medicina y Fisiología del año 2001 son la cabeza visible del amplio número de investigadores que estos últimos años han ido obteniendo esclarecedoras respuestas a algunas de esas importantes preguntas.

Una primera respuesta es que el del ciclo celular es un mecanismo fundamental, muy conservado a lo largo de la evolución, de modo que opera del mismo modo en prácticamente todos los organismos eucariotas, incluyendo a los seres humanos. Y una segunda respuesta general es la de que las células de los organismos superiores tienen la capacidad de dividirse o de permanecer quiescentes

en respuesta a señales o factores exteriores a ellas. El estado de cada célula resulta de un balance entre estímulos mitogénicos, estimuladores de la división, y de estímulos citostáticos, que tienden a inhibirla. El conjunto de todos los estímulos se procesan e integran durante la fase G1 al confluir sobre una proteína Rb (abreviatura de retinoblastoma) y determinan el que la célula pase a la situación de reposo Go o el que continúe hacia la siguiente fase S de la división celular.

En los últimos años se han descubierto la existencia y mecanismos de acción de un verdadero enjambre de moléculas que afectan a los procesos de proliferación y diferenciación celulares: diversos factores de crecimiento, quinasas dependientes de ciclinas (CDK), ciclinas, proteínas reguladoras fosforilables (como la Rb), factores de transcripción, proteínas inhibidoras de ciclinas (p15, p16, p17, p18, p19, p27), cascada de las MAPK quinasas, citoquinas, interleuquinas, quimioquinas, etcétera.

NOBELES. Los Premios Nobel de Medicina y Fisiología del año 2001 han contribuido de modo muy importante en el conocimiento, en el ámbito molecular, de los controles del ciclo celular, un proceso de importancia central para la Biología y la Medicina.

Leland H. Hartwell, del Fred Hutchinson Cancer Research Center, de Seattle, USA, a finales de los 60, abordó el estudio de los ciclos celulares con métodos genéticos, trabajando con células de levadura Sacharomyces cerevisiae. En pocos años logró descubrir e identificar más de 100 genes CDC (genes relacionados con Ciclos de División Celular) que se relacionaban con el ciclo. Uno de esos genes, el CDC28, o gen de inicio, controla la primera etapa en la fase G1. Las investigaciones de Hartwell también aclararon ciertos mecanismos de defensa del ciclo celular contra la irradiación o contra la alteración del orden correcto entre las diferentes fases del ciclo.

Timothy Hunt, de 58 años de edad, es el científico inglés que descubrió las primeras moléculas de ciclinas, a comienzos de los 80. Se denominaron así porque su concentración varía periódicamente a lo largo del ciclo celular, ya que se forman y degradan durante el mismo. Existen varios tipos de ciclinas (A, D, E, etcétera) y cada una de las fases del ciclo se corresponde con la presencia en la célula de una dotación característica de tales ciclinas.

Paul M. Nurse es uno de los dos científicos ingleses Premios Nobel que trabajan

en el Imperial Cancer Research Fund de Londres. Su aproximación también fue genética, usando otro tipo de levaduras, las Sacharomyces pombe. Descubrió los genes CDC, posteriormente rebautizados como CDK (Cyclin Dependant Kinase). Las CDK son enzimas quinasas dependientes de ciclinas que fosforilan a proteínas reguladoras específicas de un modo diferencial en los momentos precisos. Para ello, previamente una determinada molécula de ciclina se enlaza y activa a CDK que le corresponde.

Acudiendo a una comparación automovilística, el primer gen descubierto por Hartwell haría el papel del motor de arranque. Las CDK, o quinasas dependientes de ciclinas, serían los motores de combustión. Y las ciclinas jugarían el papel de la caja de cambio, que hace que, aún con el motor en marcha, el vehículo permanezca en punto muerto o alcance una velocidad más o menos alta.

Pero, siguiendo con la comparación automovilística: aún nos quedan por descubrir cada una de las miles y miles de pequeñas piezas, algunas esenciales, constitutivas del sistema de automoción del automóvil.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Continúan las investigaciones sobre los efectos beneficiosos del té. En esta ocasión no se trata del té verde, sino del negro. En la revista Circulation se recogen los resultados obtenidos sobre 50 voluntarios con enfermedades cardiovasculares en relación con sus consumos de té y diversos parámetros relacionados con sus patologías. La investigación, aun con las limitaciones propias de cualquier trabajo epidemiológico, ha mostrado que el consumo de té influía beneficiosamente sobre tales parámetros.

MARTE

Los científicos están cada vez más seguros de que en Marte ha existido o existe agua. Se ha confirmado el hallazgo de un gran acuífero, que pudo tener un tamaño enorme, del orden de toda Europa, situado en la activa región vol-

cánica de Tarsis. Parece que buena parte del acuífero se encuentra a poca distancia bajo la actual superficie marciana interpretándose que la causa pudiera ser que las erupciones volcánicas del pasado descongelasen el agua y la lanzasen hacia arriba.

SIDA

Se han iniciado las primeras pruebas clínicas de una vacuna contra el SIDA, desarrollada por los científicos de la compañía biotecnológica americana VCR y por investigadores del National Institute of Allergy and Infectious Disease. Mientras que las vacunas tradicionales utilizan formas muertas (o sus proteínas) de los agentes patológicos, en este caso la nueva vacuna se basa en el uso de unas porciones del ADN del virus VIH, conocidas como «gag» y «pol», que son esenciales para la funcionalidad del virus.

ELOGIO DE LA INFIDELIDAD (MODERADA)

Para muchas personas el concepto de fidelidad es tan valioso como lo son las conocidas cuatro virtudes cardinales (fortaleza, justicia, prudencia y templanza) o, incluso las tres virtudes teológicas cristianas (fe, esperanza y caridad). El filósofo Julián Marías escribió hace algún tiempo que la fidelidad es un valor fundamental que debe mantenerse. Y la mayoría de los españoles parecen reconocerlo así, ya que, de acuerdo con una encuesta del CIS, realizada en el año 1995, un 82 % de los encuestados la valoraban muy positivamente.

Pero nosotros vamos a tratar aquí de otra fidelidad. La de los procesos biológicos. Es evidente que la contemplación de la aparente perfección de los organismos y la exactitud con la que parecen tener lugar los procesos biológicos que ocurren en nuestro entorno fue la inspiración de los relatos creacionistas encontrados en las diferentes religiones, relatos que muchas veces se toman de un modo literal, acrítico. Y ello sucede aún, en el siglo XXI, en muchas comunidades, no necesariamente incultas. El ejemplo reciente de las autoridades educativas de Kansas en los Estados Unidos, dificultando la enseñanza de los procesos de la evolución, es bien significativo al respecto.

Sin embargo, la vida, como la conocemos, sólo es posible gracias a la existencia de una determinada y moderada infidelidad biológica, cumpliéndose la observación de Heráclito de que todo es flujo, nada es estacionario.

SUPERVIVENCIA. Desde las observaciones de Darwin y otros grandes científicos, es claro que la enorme complejidad del mundo biológico actual se ha de interpretar como resultado de la evolución. Y, en concordancia con ello, sucede que la virtud esencial ha de ser la supervivencia, no la fidelidad. Para conseguirla es conveniente que exista algo de imprecisión, la posibilidad de realizar múltiples intentos. Para entenderlo, podemos acudir al ejemplo de un cazador. Si su blanco es difícil y realiza un solo disparo, aunque posea buena puntería tiene un alto riesgo de no acertar la presa. Pero si dispone de un arma de repetición y puede realizar una serie numerosa de disparos, aunque sean más imprecisos, la probabilidad de éxito, de que uno de ellos alcance la presa, es bastante alta.

La vida se organiza en niveles jerárquicos: reacciones químicas, catálisis enzimáticas, nivel celular, etcétera, hasta llegar a niveles como el endocrino, hipotalámico, neuronal o el de la propia consciencia. Cada nivel posee sus propias leyes o restricciones, de modo que sus componentes se someten a ellas y a las de los niveles superiores. Los niveles más bajos son los más arcaicos y los menos ambiguos ya que poseen más restricciones. Los niveles superiores poseen mayor libertad y flexibilidad. La principal característica del proceso evolutivo ha sido la de encontrar y desarrollar tales niveles superiores. En principio podríamos pensar que al agregar un nuevo conjunto de restricciones los procesos tenderían a bloquearse, en lugar de enriquecerse y contar con nuevas perspectivas. Pero el ejemplo de una enredadera puede ayudarnos a entender que lo que sucede es lo contrario. Si plantamos este tipo de arbusto y le colocamos un tutor muy preciso, con una inclinación fija y determinada de 45 grados, la planta tendrá muy pocos grados de libertad para su desarrollo, y no logrará alcanzar el objetivo de cubrir una pérgola situada justamente encima, a dos metros del suelo. Pero si la planta se deja crecer realiza sin ninguna restricción, tendrá más grados de libertad, y aunque es difícil que acierte a cubrir la pérgola, existe alguna posibilidad de que, entre las muchas posibles opciones, alguna vez pudiera ocurrir la deseada.

Por ello, el proceso evolutivo ha de estar acompañado de errores e infidelidades, que aparentemente suponen derroche y despilfarro, pero la contrapartida es la de una mayor innovación y robustez, lo que sirve para asegurar la perpetuación de la vida. En aras a la fidelidad o la perfección la Naturaleza no se sacrifica, sino

que, por el contrario, favorece los errores, que los desecha, repara o utiliza, pero que siempre son útiles para conseguir una mejor adaptación a los impredecibles cambios y retos ambientales.

INFIDELIDADES. Numerosos ejemplos nos corroboran lo expuesto: se necesitan grandísimo número de espermatozoides para conseguir fertilizar con éxito a un único óvulo; más de la mitad de los embriones humanos se pierden durante el desarrollo; cuando una célula madre se divide en dos hijas, en la fase conocida como segregación cromosómica, los microtúbulos han de alcanzar el centrómero del cromosoma, para lo cual se desperdician un gran número de intentos hasta que alguno alcanza el éxito; de todos los anticuerpos que somos capaces de producir, sólo una pequeña proporción nos podrán llegar a ser útiles y el resto podríamos clasificarlos como fallos, y así un largo etcétera.

El caso de la replicación o duplicación de nuestro ADN es muy significativo. Poseemos unos tres mil millones de nucleótidos (letras) en nuestro genoma. La replicación del ADN es bastante fiel, casi perfecta, sólo tiene lugar un error en cada diez mil millones de nucleótidos. Pero, como se realizan multitud de replicaciones genómicas al día ello significa la aparición constante de numerosos errores. Más aún, las moléculas de ADN son muy sensibles a sufrir alteraciones en las células, debidas a procesos más o menos espontáneos de oxidación, alquilación, hidrólisis, roturas, etcétera. Se calcula que diariamente, en cada una de nuestros 100 billones de células, tienen lugar unas 300.000 de tales lesiones. Si nuestra maquinaria de síntesis o replicación del ADN fuese completamente fiel sólo debería reconocer al ADN original, por lo que la división celular sería imposible para las células afectadas.

¿Cuál es la solución?. En primer lugar, disponemos de eficaces maquinarias moleculares reparadoras de los errores. Y, adicionalmente, existen otras polimerasas replicadoras de ADN, las SOS, que son capaces de realizar el proceso de replicación aun a pesar de las lesiones. Con ello, se alcanza un delicado equilibrio entre conservación e innovación.

Las infidelidades continúan a lo largo del proceso de información genética. En la transcripción (paso de la información desde ADN a ARN) un nucleótido de cada 100.000 resulta erróneo. Y en la síntesis de proteínas se sitúan inadecuadamen-

te 3 aminoácidos por cada 10.000 correctos. La mitad de los ARN mensajeros que fabricamos poseen errores y han de ser destruidos. Y un tercio de todas las proteínas que sintetizamos normalmente en nuestras células poseen fallos en sus plegamientos tridimensionales y han de ser degradadas inmediatamente por una maquinaria proteolítica especializada, los proteasomas.

GENES. Queda claro que a pesar de los grandes esfuerzos usados para aumentar la fidelidad de la replicación del ADN, a veces es adecuado que se dé algo de infidelidad. Es cierto que la estabilidad y la capacidad de duplicarse son esenciales para la funcionalidad genómica, pero no es menos cierto que la evolución necesita de un cierto grado de infidelidad ya que los errores habidos originan diversidad, es decir, nuevos individuos que pueden ser el origen de nuevas especies. Así sucede con la adaptación bacteriana en ciertas circunstancias, ya que las bacterias que son genéticamente inestables pueden adaptarse más rápidamente y sobrevivir (dando lugar a fenómenos como los de resistencia a los antibióticos).

En muchas ocasiones, antes de alcanzar el nuevo nivel de complejidad, se pasa por una situación de compromiso. Por ejemplo, se altera un gen y en lugar de sustituir el nuevo al antiguo, se producen duplicaciones de genes, conservándose a través de un largo periodo evolutivo el gen original y el nuevo gen que, aunque es diferente, posee ciertas propiedades comunes con su predecesor. En tal situación los cruzamientos de miembros de diferentes familias pueden originar otros nuevos individuos híbridos entre las dos familias progenitoras, favoreciendo la diversidad de organismos. Por ello, un campo actual de la genética de gran interés consiste en partir de la estructura de las actuales familias de genes e intentar retrotraerse a su historia anterior evolutiva.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

¿Cuándo menos colesterol mejor?. Depende. Un estudio epidemiológico aparecido recientemente en la revista Lancet realizado sobre 3.500 varones de Hawai a lo largo de 35 años ha encontrado que los hombres con menores tasas de

colesterol (menos de 150 mg/dL) mostraban tasas de defunción mayores que los que tenían mayores cifras de colesterol, incluso que los del grupo que superaba los 232 mg/dL. Ello no significa necesariamente una relación causa-efecto ya que una disminución del colesterol puede estar ligada a un aumento de la fragilidad biológica.

ANTIMATERIA

Científicos alemanes han desarrollado con éxito un microscopio de haces de antimateria que puede aplicarse para detectar defectos en materiales que hasta ahora eran imposibles de detectar. Por ejemplo, la mayoría de los semiconductores consisten en un patrón repetido de átomos. Si se produce un fallo o falta de uno de ellos, el microchip fabricado con ese semiconductor puede fallar. El nuevo microscopio con un haz de positrones o antielectrones, es capaz de detectar tales fallos.

NICOTINA

La mayoría de los tratamientos usados para combatir el tabaquismo utilizan nicotina para el periodo de deshabituamiento. Una investigación publicada recientemente en la revista Nature Medicine ha demostrado que los niveles de nicotina que se alcanzan con tales tratamientos favorecen procesos de angiogénesis (el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos) lo que ayuda a la formación de placas ateromatosas y de tumores.

SEÑALES EN EL CEREBRO

Nuestro sistema nervioso controla y organiza las actividades de nuestras células, órganos, tejidos y cuerpo. Se calcula que el cerebro humano posee más de cien mil millones de células nerviosas o neuronas. Y cada célula nerviosa puede comunicarse (efectuar sinapsis), con miles de otras neuronas, sin necesidad de que se establezca entre ellas un verdadero contacto físico.

Para realizar ese proceso de sinapsis, una señal química (una molécula neurotransmisora) se produce y sale de la célula nerviosa considerada y es reconocida por otras neuronas receptoras, donde se transduce (una conversión de índole fisicoquímica) hasta otra forma diferente, antimateria y generalmente amplificada, de señal. Existen diversos tipos de transducción de señales entre neuronas, así como una amplia gama de neurotransmisores diferentes. Los tres nuevos Premios Nobel de Medicina del año 2000 tienen en común el haber investigado en concreto sobre un tipo de transducción lenta que opera con el neurotransmisor dopamina. Y lo interesante es que su trabajo abarca desde los aspectos más básicos a los más aplicados: descubrimiento de la dopamina como neurotransmisor, investigación de los mecanismos moleculares de su acción, las consecuencias fisiológicas derivadas de ello (control de movimientos, o procesos de aprendizaje y memoria), su relación con alteraciones patológicas como el Parkinson y la esquizofrenia, así como el desarrollo de fármacos para mejorar las sinapsis alteradas en patologías como las señaladas anteriormente.

DOPAMINA. En los años 50 se sabía que el aminoácido fenilalanina era el inicio de una vía metabólica que lo transformaba sucesivamente hasta tirosina (p-hidroxifenilalanina), L-dopa (dihidroxifenilalanina) y dopamina, para finalizar en los neurotransmisores noradrenalina y adrenalina. El profesor Arvid Carlsson, del Departamento de Farmacología de la Universidad de Gothenburg demostró que uno de los intermedios, la dopamina era por sí misma un importante neurotransmisor, en zonas cerebrales diferentes a las de la noradrenalina, fundamentalmente en la parte del cerebro conocida como los ganglios basales, que son unas áreas neuronales específicas situadas en la base del cerebro, encargadas de la coordinación de los diferentes grupos musculares y otras funciones. Carlsson también demostró que la sustancia natural reserpina, administrada a animales de experimentación, reducía los niveles de dopamina, provocando que los animales perdiesen la capacidad de realizar movimientos espontáneos, pareciéndose su comportamiento al de los enfermos de Parkinson. Los síntomas desaparecían y los animales recobraban la normalidad cuando se les suministraba L-dopa, el precursor metabólico de la dopamina.

Los datos anteriores le llevaron a descubrir que los enfermos de Parkinson presentaban una deficiencia de dopamina en los ganglios basales, provocando un exceso de salivación, mala coordinación muscular, balance corporal defectuoso, temblores y rigidez muscular, así como el acortamiento de los músculos prevertebrales del cuello lo que inclina la cabeza y el tronco hacia delante. Consecuentemente, desde la década de los 60, se usó L-dopa para aliviar los síntomas de estos pacientes ya que la L-dopa se transforma en dopamina en los ganglios basales y sustituye al neurotransmisor deficitario, aunque tras varios años de tratamiento, la L-dopa pierde efectividad y debe ser sustituida por amantadina o bromocriptina. Por otra parte, las investigaciones del grupo de Carlsson también permitieron entender el mecanismo de otros fármacos que podían bloquear los receptores de la dopamina y, por tanto, afectar a transmisión sináptica, o que anulaban selectivamente la captación de otro neurotransmisor, la serotonina. Todo ello condujo al desarrollo y uso de varios medicamentos para el tratamiento de alteraciones psicóticas tan importantes como ciertas depresiones y esquizofrenias.

MECANISMOS. Diversos neurotransmisores como dopamina, noradrenalina, serotonina así como ciertos neuropéptidos participan en procesos sinápticos clasificados como de transmisión sináptica lenta, que son responsables de un buen número de funciones basales del sistema nervioso implicadas, por ejemplo, en los estados de humor o de vigilancia y alerta, pero que, además, también controlan a otras transmisiones sinápticas veloces que son necesarias para hablar, moverse, percibir sensaciones, etcétera.

El profesor Paul Greengard, del Laboratorio de Ciencias Moleculares y Celulares de la Universidad Rockefeller de Nueva York, ha sido el segundo de los Nobel de Medicina del año 2000. Su descubrimiento fundamental fue el de que todos esos neurotransmisores y neuropéptidos diferentes poseen un mecanismo idéntico de acción molecular para la transducción de la señal entre las neuronas. En esencia, se trata también del mismo mecanismo aplicable a muchas hormonas: el neurotransmisor (por ejemplo, dopamina) liberado por la neurona es reconocido específicamente por proteínas receptoras situadas en las membranas de las otras neuronas a las que hay que transducir la señal.

La consecuencia del reconocimiento químico específico entre neurotransmisor y receptor en la neurona receptora, es que tienen lugar una serie de acontecimientos en cascada que se inician con el hecho de que en el interior celular aumenta la concentración del denominado «segundo mensajero», el AMP cíclico. Este AMP cíclico activa a una enzima proteína quinasa-A. A su vez, esta enzima consigue fosforilar (introducir un fosfato) a determinadas proteínas de la célula nerviosa que poseen funciones muy importantes, y la realización de tales funciones depende del estado de fosforilación o no-fosforilación de las proteínas. Concretamente, algunas de ellas forman canales iónicos en las membranas de la neurona, controlando su apertura o cierre, o lo que es lo mismo, regulando la excitabilidad de la neurona y su posibilidad de enviar impulsos a lo largo de sus terminales (transmisión o no del impulso nervioso)

MEMORIA. La fosforilación de proteínas también representa un papel primordial en los descubrimientos sobre la memoria y cómo puede modificarse la eficiencia de las sinapsis, realizados por el tercero de los Nobel de Medicina de este año, el profesor Eric Kandel, del Centro de Neurobiología y Comportamiento, de la Universidad

Columbia, de Nueva York. La complejidad de los modelos de animales superiores le hizo escoger para sus investigaciones a una babosa marina, la Aplysia, que sólo posee 20.000 células nerviosas y que con un simple reflejo protector protege sus branquias. Ello puede ser usado para estudiar los mecanismos básicos de aprendizaje. Ciertos estímulos amplifican el reflejo protector y, dependiendo del tipo de estímulo, la amplificación puede durar poco o largo tiempo, lo que constituye un modelo de aprendizaje, pudiendo demostrar que el aprendizaje se debía a una amplificación de las sinapsis que conectan las células nerviosas sensoras con las neuronas que activan al grupo muscular protagonista del reflejo protector.

Kandel descubrió que ciertos estímulos débiles facilitan la memoria a corto plazo (minutos a horas) y que en el ámbito molecular ello está relacionado con el funcionamiento de ciertos canales iónicos que permiten la entrada de mayor cantidad de calcio al terminal nervioso, lo que provoca una mayor liberación de neurotransmisor por la neurona. Por otra parte, otros estímulos más potentes refuerzan la memoria de largo plazo, capaz de mantenerse durante semanas, siguiendo un mecanismo en el que participa el sistema del «segundo mensajero», AMP cíclico y la proteína quinasa-A. En este caso las señales llegan al núcleo de la célula y afectan al control genético, induciéndose la síntesis de ciertas proteínas mientras se reprime la síntesis de otras proteínas. El resultado final es que varían las características de la sinapsis, incrementándose su duración. Y lo interesante es que estos mismos mecanismos básicos, descubiertos en la pequeña babosa de mar, también se han encontrado en ratones, otros animales y humanos.

DARP-32

Los trabajos de Paul Greengard relacionados con los sistemas de cascadas de fosforilación y desfosforilación de proteínas han permitido descubrir procesos más complejos de ese tipo así como aclarar el mecanismo de acción de diversos fármacos que afectan específicamente la fosforilación de las proteínas en diferentes células nerviosas. Entre otros hallazgos fue muy interesante el del papel regulador central que juega una llamada proteína DARP-32. La dopamina y otros neuro-

transmisores influyen sobre esta proteína DARP-32 que indirectamente puede modificar la función de un gran número de otras proteínas. Por ejemplo, cuando la DARP-32 se activa afecta a varios canales iónicos con lo que se alteran las propiedades de diversas y concretas sinapsis rápidas.

MEMORIA HUMANA

Los mecanismos fundamentales descubiertos por Eric Kandel también son aplicables a los humanos. El hecho conceptual importante es el de que la memoria se localiza en las sinapsis y que los cambios en las sinapsis son fundamentales cuando se forman las diferentes clases de memoria. Sus hallazgos son recientes, por lo que nos encontramos sólo en el inicio de un largo camino a recorrer para comprender los complicados mecanismos participantes en los procesos de aprendizaje y memoria, que permitirán entender cómo somos capaces de almacenar la memoria de complejas imágenes en nuestro sistema nervioso o el modo por el que recreamos la memoria de acontecimientos previos. Y ello, sin duda, posibilitará desarrollar nuevas clases de medicamentos que mejoren las funciones de memoria en pacientes afectados con diversas clases de demencias.

DOGMA ABATIDO

Hasta muy recientemente, uno de los dogmas básicos de las Neurociencias era el de la imposibilidad de regeneración de las neuronas del sistema nervioso central de los mamíferos, como el hombre. Pero, desde hace unos pocos años, de un modo insistente, se viene demostrando que tal regeneración, en algunos casos, es posible. Por tanto, dada la trascendencia que ello supondrá, respecto a las futuras posibilidades de intensificar y controlar estas regeneraciones neuronales, cabe esperar y desear que el progreso en este campo sea tan rápido que se haga deseable conceder alguno de los próximos Premios Nobel de Medicina a los investigadores que están siendo pioneros en esta parcela científica.

NARICES ELECTRÓNICAS

Hace unos días investigadores de la Universidad Tufts, de Boston, han presentado, con orgullo, lo que califican el último y más sofisticado desarrollo de una nariz electrónica o nariz artificial, es decir, un instrumento capaz de detectar olores.

En este caso concreto se trataba de reconocer la presencia de trazas de dinitrobenceno (concentraciones de sólo 1.000-2.000 partes por billón), un componente de las minas antipersonales, de las que se calcula existen casi 100 millones de ellas enterradas en todo el mundo y cuya localización es difícil y muy costosa en términos económicos y de riesgos físicos.

No es difícil imaginar las aplicaciones diversas que se podrían realizar si dispusiésemos de «narices artificiales» específicas que nos ayudasen a controlar contaminaciones, realizar ciertos diagnósticos médicos no invasivos, localizar escapes químicos, localizar drogas ilegales, estandarizar y monitorizar la calidad de los alimentos y bebidas, etcétera. ¿Cuál es el estado científico de la cuestión?. ¿Qué características del sentido del olfato pretendemos reproducir?. ¿Con qué estrategias?

OLFATO. En el hombre, el sentido del olfato radica en las células olfatorias de la nariz que, con sólo una superficie de unos 5 cm^2, nos permiten diferenciar hasta tres mil olores diferentes. El sentido del olfato es muy importante en todo el reino animal. Las hormigas y las abejas reconocen por el olfato a los miembros de sus

comunidades. Ciertas mariposas machos o polillas del gusano de seda son capaces de «oler» a sus hembras a distancias superiores a los 10 km El cerdo puede diferenciar 5.500 olores. Y algunas razas de perros son especialmente sensibles, poseyendo superficies de células olfatorias superiores a los 25 cm^2, con capacidad para detectar concentraciones tan bajas como cien partes por billón. Y pueden discriminar un componente entre miles de otros presentes que, además están mucho más concentrados. Lo mismo le sucede a un buen catador de vinos.

¿Cómo funciona el sentido del olfato?. La región olfativa de la nariz, cercana a su nacimiento, es la conocida como pituitaria amarilla, cuya membrana mucosa es muy gruesa y de color amarillento. Además de las células epiteliales cuenta con 10-20 millones de células olfatorias nerviosas dotadas de receptores hacia las moléculas olorosas. Sus axones atraviesan la lámina cribosa del hueso etnoides, penetrando hasta el bulbo olfativo, situado debajo de la parte frontal de la base del cerebro. Allí establecen las correspondientes sinapsis con las neuronas y desde los bulbos olfativos parten las vías olfatorias que llegarán a la corteza cerebral, donde se generará una respuesta (que identificamos como olor).

Los receptores olfatorios de las neuronas olfatorias para ser excitados necesitan de cantidades muy pequeñas de la sustancia olorosa y sufren un fenómeno de acomodación, perdiendo capacidad de excitación con el tiempo. Pero cantidades superiores de la sustancia excitante o la presencia de otra distinta consiguen estimular de nuevo.

BIOQUÍMICA. ¿Cómo podemos reconocer a miles de sustancia olorosas diferentes?. Si el reconocimiento mediante receptores correspondiese a una especificidad tipo llave-cerradura, ello significaría la necesidad de poseer miles de proteínas receptoras diferentes lo que, a su vez, nos llevaría a tener que usar para su codificación a una parte sustancial de nuestro genoma, lo que sería ilógico. Por ello, estos modelos iniciales rígidos tipo llave-cerradura se desecharon pronto.

La naturaleza ha desarrollado un modelo evolutivo más sofisticado, que todavía desconocemos en buena parte, que logra combinar una alta sensibilidad con un amplio espectro de detección y con una gran eficacia en la discriminación. Para ello existen una serie de moléculas receptoras (¿unos cientos?) pero no una espe-

cífica para cada olor. Cada receptor se expresa en unas determinadas neuronas olfatorias y su estimulación se transmite de un modo semejante al mecanismo molecular de la acción de muchas hormonas. Ello significa que el estímulo se media por proteínas G de la membrana celular, lo que activa a la enzima adenilato ciclasa, produciéndose AMP cíclico intracelularmente. Este AMP cíclico abre unos canales específicos de iones sodio y la señal se envía hasta el cerebro a través del correspondiente nervio olfativo.

El modelo operativo puede calificarse como de especificidad distribuida. En el mismo, cada molécula olorosa individual es reconocida diferencialmente y simultáneamente por diferentes receptores de diversas neuronas olfatorias produciendo señales distintas que se reciben en el cerebro, se integran y procesan en las regiones superiores cerebrales responsables del reconocimiento e identificación. Por tanto, un olor activa a diferentes receptores. Y un determinado receptor puede ser discriminatoriamente activado por varias moléculas olorosas.

Posiblemente los receptores, cuando sean más conocidos en el nivel molecular, puedan distribuirse en familias, de modo semejante a como podemos hablar de hasta siete familias de olores primarios que son: alcanfor, almizcle, flores, menta, éter, acre (avinagrado) y podrido.

NARIZ ARTIFICIAL. Los bioingenieros que pretenden construir instrumentos detectores de olores pronto se dieron cuenta del fracaso de los intentos de los modelos llave-cerradura, es decir, ligando específico para olor específico. Por ello, lo que están haciendo es intentar emular a la Naturaleza. Volviendo al instrumento recién presentado por los investigadores de la Universidad de Tufts, consta de hasta 32 sensores poliméricos unidos a diferentes materiales fluorescentes, con la posibilidad, cada uno de ellos de usar 16 longitudes de onda diferentes de excitación y de emisión. Ante la presencia de un estímulo determinado los sensores responden diferencialmente, dando lugar a una serie de respuestas complejas que se trasladan a un ordenador donde se procesan algorítmicamente para dar un resultado en forma de probabilidad de presencia de la molécula sospechosa.

Por ahora cada «nariz artificial» puede ser entrenada para reconocer hasta 5 posibles olores diferentes. Pero todavía subsisten otras limitaciones muy impor-

tantes: alto costo de producción (unos 50.000 dólares cada instrumento), gran tamaño (más de medio metro cúbico, aparte del ordenador) y peso, influencia de factores externos como humedad y temperatura, problemas de interferencias, envenenamiento de sensores, etcétera.

Aunque será muy difícil en poco tiempo poder replicar artificialmente la complejidad biológica de ese maravilloso y sensible sentido que es el olfato hay que estar de acuerdo con el Dr. Kauer, investigador principal del proyecto hoy comentado, en el sentido de que estamos en el inicio del desarrollo de una serie de nuevos instrumentos de gran utilidad para el hombre y que, para ello, necesitamos profundizar más en nuestros conocimientos de los sistemas biológicos olfatorios.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

En el último número de la revista Neurology se presentan los datos de la investigación realizada en Honolulu, desde 1988 hasta ahora, sobre unos 3.500 varones buscando si existía algún efecto en la toma de suplementos de vitamina C y vitamina E en relación con la protección de ciertas funciones mentales durante el envejecimiento. Los resultados parecen ser concluyentes en el sentido de que aquellos hombres que tomaron regularmente, durante los años transcurridos, tales suplementos de vitamina C y/o vitamina E resultaron más protegidos contra el desarrollo de demencias y sufrieron un menor deterioro en su memoria, creatividad y agudeza mental. Los mejores resultados correspondieron al consumo simultáneo de ambas vitaminas. La frecuencia de demencias vasculares se redujeron un 88% y, en casos de demencia y pérdida de memoria, el progreso de deterioro se frenó considerablemente.

PREVENCIÓN DE OBESIDAD

Mediante un análisis de sangre pronto estará disponible un test para humanos que indicará el riesgo de esa persona para desarrollar posteriormente una enfermedad. La prueba ha demostrado ya su funcionalidad sobre roedores y se basa

en que existe y es detectable, antes de que la obesidad se exprese externamente, un aumento de los triglicéridos en la sangre. Los investigadores han encontrado que existen centenares de genes y de señales químicas cerebrales que controlan el apetito y el peso corporal. Las grasas o triglicéridos, o algunas moléculas asociadas a ellas, estimulan a ciertos genes en el hipotálamo, lo que se traduce en un exceso de ingesta y de almacenado de lípidos.

ANTIANGIOGÉNESIS

Una lesión cancerosa inicial necesita de la angiogénesis (formación de nuevos vasos sanguíneos alrededor) para que progrese el tumor. Por ello, la búsqueda de sustancias antiangiogénicas, actualmente, posee un gran interés potencial. Hace unos días la empresa americana EntreMed, dedicada a este tipo de actividad, ha anunciado el descubrimiento de un nuevo factor angiogénico, bautizado como metastatina. Los resultados se han publicado en el último número de la revista Cancer Research y la sustancia se ha extraído de cartílagos bovinos. Se han iniciado varios ensayos clínicos en fase I, pero hay que precisar que aún no existen previsiones de tiempo sobre su uso comercial.

¿QUÉ ES EL DOLOR?

«El dolor es una herida que sangra siempre cuando la toca cualesquiera mano que no sea la del amor; y si ésta la toca, sangra, si bien no es sufrimiento». Bien sabía de ciertos dolores Oscar Wilde, cuando escribió, en la cárcel, esta frase, perteneciente a su obra De Profundis.

La naturaleza del dolor siempre ha sido un tema discutido y sublimado. Los griegos antiguos creían que el dolor era una emoción y no una verdadera sensación física. La expresión «dolor, no eres un mal» se le atribuye a un seguidor de Zenón, el fundador de la escuela estoica. El teólogo místico Eckart opinaba que era el más rápido corcel para conducir a la perfección; Concepción Arenal, que el dolor hace al hombre menos indigno de comunicar con Dios; y Anatole France que el dolor es lo que más educa a los hombres.

Que el dolor posee una naturaleza compleja, frecuentemente mal entendida, queda claro con ejemplos como el de los soldados con heridas graves que no sienten el dolor o la de los deportistas lesionados pero que no experimentan dolor hasta que la prueba finaliza. Sin embargo, el hombre moderno, el hombre científico, desea profundizar en el conocimiento del dolor para poder eliminarlo o reducirlo combatiéndolo de una manera más. En cualquier caso, el dolor es el síntoma aislado más frecuente por el que la gente consulta al médico.

FISIOLOGÍA. Que la experiencia del dolor posee un importante componente psicológico, se pone ya de manifiesto por la Asociación Internacional para el Estu-

dio del Dolor al definirlo como una experiencia sensitiva y emocional desagradable asociada con una lesión real o potencial de un tejido. La misma procedencia posee el término nocicepción, derivado de la palabra nocivo, usado para describir la experiencia de un estímulo que lesiona los tejidos.

El dolor agudo comienza con el estímulo de ciertos receptores nerviosos sensitivos especiales, los nociceptores, existentes en la piel o en los órganos internos. Su abundancia es variable. En un centímetro cuadrado hay más de 200 en la flexura del codo y sólo 44 en la punta de la nariz. Estos receptores captan señales diversas como calor intenso, presión extrema, pinchazos, estímulos químicos, etcétera, que ocasionan daño corporal. Determinadas fibras nerviosas transmiten la información procedente de los nociceptores hasta la médula espinal: las fibras A-delta, son más rápidas y parecen ser responsables de la sensación aguda del dolor; y las fibras C, más lentas, que se asocian a la sensación molesta de dolor.

En la médula espinal, esos mensajes procedentes de los nociceptores pueden ser modulados, positiva o negativamente, en intensidad, por otros nervios que facilitan el transporte de la señal hasta lugares específicos del cerebro. Ciertas zonas del cerebro caracterizan y localizan el origen del dolor, mientras que otras asimilan e integran la información ocasionando la sensación emocional conocida como dolor.

Algunas partes del cerebro que procesan los mensajes de dolor pueden sintetizar sustancias químicas conocidas como endorfinas, de efectos placenteros. Y, desde el cerebro pueden descender fibras nerviosas largas hasta las zonas de la médula espinal donde se originó la señal dolorosa liberando neurotransmisores conocidos como encefalinas que disminuyen la sensación de dolor.

CAPSAICINA. Posiblemente la molécula más conocida entre las causantes de dolor sea la capsaicina, que es la sustancia que le confiere su ardor y fuerza picante a guindillas, ajís, chiles, páprika, pimentón picante, etcétera. En suficiente concentración la sensación producida es de un dolor, que puede ser muy intenso. ¿Sería también el calor reconocido por el mismo nociceptor que la capsaicina?. La contestación sería muy importante para poder bloquear al nociceptor y desarrollar fármacos eficaces contra los efectos dolorosos de las quemaduras.

Hace tres años un grupo investigador de la Universidad de California, en San Francisco, logró caracterizar a la VR1, que es la proteína receptora, el nociceptor de la capsaicina. Se descubrió que el estímulo de este nociceptor facilitaba la entrada de iones calcio a las células, a través de unos canales específicos, en un proceso conocido como despolarización de las membranas celulares. Los avances de la Biología Celular permitieron la rápida clonación del gen que codificaba la síntesis de la proteína VR1. Hace unos meses los mismos investigadores fueron capaces de obtener ratones con el gen VR1 «noqueado», anulado, lo que significaba que esos ratones carecían del nociceptor hacia la capsaicina y ¿hacia el calor?.

Los ensayos inmediatos demostraron que los ratones «noqueados», al contrario que los normales, podían beber tranquilamente agua con un alto contenido de capsaicina disuelta. (Por cierto, este tipo de disoluciones, de acción muy intensa, se usa en algunos aerosoles protectores contra agresiones). Los animales «noqueados» también toleraban el calor en dosis más altas que los normales, pero la sensación de dolor no desaparecía totalmente. Ello demostraba que el proceso dependía de más de un estímulo químico, que era más complejo. Pero, en cualquier caso constituye un buen paso en la lucha contra el dolor.

P2X3. Otros pasos importantes para comprender la naturaleza molecular de las señales del dolor lo han dado recientemente algunos investigadores de la compañía farmacéutica Roche Bioscience, al caracterizar otra proteína receptora, la P2X3. Se sabía que un cierto número de moléculas como las bradiquininas, las prostaglandinas y, sobre todo, el ATP (la conocida como «moneda energética») mediaban la respuesta dolorosa tras un daño. En 1995 se descubrió que las neuronas sensibles al dolor poseían el nociceptor P2X3 que se enlazaba al ATP controlando el flujo de un canal iónico. ¿Estaba directamente relacionada la P2X3 con la sensación de dolor?.

Dos grupos investigadores diferentes han conseguido ratones «noqueados» para el gen P2X3, es decir, carentes de ese gen y nociceptor y han investigado con ellos. Efectivamente ha ocurrido que los animales «noqueados» sufrían menos dolor que los «no noqueados» cuando se les inyectaba formalina, una sustancia dolorosa y dañina. Pero también se encontraron otros resultados interesantes. Entre ellos, que los ratones «noqueados» perdían la sensibilidad hacia el agua tem-

plada, es decir, que la P2X3 puede tener un papel en la sensación de calor moderado. Sin embargo, los ratones «noqueados» ante la inflamación crónica mostraron una respuesta aumentada. Y, además, orinaban menos frecuentemente y poseían una mayor vejiga urinaria que los «no noqueados». La explicación podría radicar en que cuando la vejiga se llena y expande su epitelio libera ATP y ello ocasiona que la P2X3 origine una señal neuronal que indica que es el momento de vaciar la vejiga, de orinar. Ello abre la posibilidad de que el bloqueo farmacológico de la proteína P2X3 pudiera ser útil para tratar ciertas clases de desórdenes de la vejiga urinaria, que cursan con hiperactividad de la misma.

Benavente, en «La noche del sábado», le hace decir a Imperia: «La muerte y el dolor son invencibles; pero el esfuerzo por vencerlos ya nos iguala a Dios». No se trata de dioses pero, sin duda, los científicos que investigan sobre la naturaleza íntima del dolor realizan su esfuerzo con la esperanza de vencerlo o, al menos, mitigarlo.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Las espirulinas son unas algas azul-verde ricas en antioxidantes, vitaminas, minerales y otros nutrientes. Crecen naturalmente en lagos con pH altos y también son cultivadas industrialmente en grandes recipientes. Desde hace muchos años se usan como suplemento alimenticio. Ahora científicos de la U.C. Davis School de Medicina acaban de anunciar los resultados de sus investigaciones demostrativas de que las espirulinas fortalecen el sistema inmunitario produciendo sustancias que luchan contra la infección. Otros científicos japoneses han confirmado sus favorables efectos en la inmunoterapia contra ciertos cánceres.

GENOMA

En uno de los últimos números de la revista Nature aparece publicada la secuencia completa del genoma de la bacteria Escherichia coli, concretamente el que corresponde a una de sus variantes más mortales, la O157:H7. Su estudio

preliminar ayuda a entender las razones de esa peligrosidad, ya que la bacteria puede atrapar nuevo ADN desde otras bacterias y virus, incluyendo a ciertos genes que explicarían no sólo su excepcional virulencia sino también las frecuentes dificultades que conlleva su tratamiento.

CLIMA

Los periodos alternativos de sequía y de gran pluviosidad ocurren en una escala de miles de años y es difícil conocer las causas exactas de ello. Así lo pone de manifiesto la revista Science, que ha publicado una investigación realizada en Suramérica, específicamente en el lago Titicaca, que cubre los pasados 25.000 años, en los que la Naturaleza ha producido cambios climáticos repentinos, inesperables, que han afectado a todo el planeta. Para ello, entre otras técnicas, han estudiado las capas de sedimentos a diferentes profundidades, estableciendo los niveles de agua en cada momento y los periodos de sequía y de lluvia.

© PACO HERNÁNDEZ

DHEA, ¿LA HORMONA REJUVENECEDORA?

«Melatonina, ¿la hormona de la juventud?». Así titulábamos hace 5 años un artículo de divulgación al hilo de la expectación provocada en todo el mundo al ocuparse los medios de comunicación, extensa e intensamente, de los supuestamente casi milagrosos efectos rejuvenecedores obtenidos por el suministro de esta hormona a ciertos ratones.

En aquella divulgación pretendíamos poner de relieve los aspectos especulativos y reducir el tema a los hechos científicos comprobados, muchos más modestos que las elucubraciones realizadas. Un lustro después le llega el turno a las hormonas DHEA (dehidroepiandrosterona) y DHEAS (sulfato de dehidroepiandrosterona). También en los últimos días muchas informaciones de TV, radio y prensa nos han relatado algo así como que la DHEA era una hormona capaz de rejuvenecer o, al menos, detener el proceso del envejecimiento en las personas mayores a las que, por tanto, deberían ser prescritas cantidades adecuadas de estas hormonas. La pregunta inmediata a la que, por tanto, intentaremos responder es: ¿cuál es la realidad científica respecto e este tema?.

EXPECTATIVAS. El último Informe global de 1999 sobre la salud mundial publicado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) destaca el gran aumento que en este siglo ha habido respecto a las expectativas de vida, que en los países desarrollados alcanza la cifra de 78 años, mientras que en los de desarrollo medio, como China e India, ya supera los 61 años. El ejemplo más llamativo es el

de la mayoría de países europeos en los que durante dos siglos (XVIII y XIX) el incremento de dicha expectativa no superó el 25%, para casi alcanzar los 50 años. Sin embargo, en este último siglo el aumento ha superado el 50%, de modo que la actual expectativa de vida al nacer, para los varones supera los 75 años y para las mujeres los 80 años.

La longevidad y el envejecimiento dependen de diversos factores genéticos, nutricionales y ambientales de algunos de los cuales nos hemos ocupado en otros artículos. En el ámbito molecular podríamos considerar que se trata de un proceso estocástico resultante del incremento del desorden en los mecanismos reguladores intracelulares e intercelulares. Ello conduce a que se reduzca la resistencia del organismo a los efectos ocasionados por la enfermedad y el estrés.

En cualquier caso, el sistema endocrino, nuestras hormonas, regulan aspectos tan diversos como la composición corporal, el peso, los depósitos grasos, la masa esquelética, la fuerza muscular, nuestro metabolismo o nuestro bienestar físico. En todos los seres vivos se ha encontrado que el envejecimiento viene acompañado de importantes cambios endocrinos, siendo normal que algunas manifestaciones fisiológicas del envejecimiento vayan paralelas al decline en los niveles de producción de ciertas hormonas. De ahí que se postule el suministro de estas hormonas para combatir más eficazmente los efectos del envejecimiento.

ADRENOPAUSIA. Quizá las primeras investigaciones sobre el posible papel del sistema endocrino en el proceso de envejecimiento se deban al médico francés Charles-Edouard Brown-Séquard, nacido en 1817 en la isla Mauricio. Se le suele considerar como un pionero en la neurofisiología y endocrinología, siendo uno de los primeros científicos en abordar la fisiología de médula espinal. Fue profesor de Fisiología y Neuropatología en la Universidad de Harvard, en EE.UU. y, en 1878, sucesor de Claude Bernard en el Colegio de Francia. Parte de su popularidad la alcanzó cuando en 1889, a los 72 años de edad, se autoinyectó intramuscularmente diversos extractos acuosos de tejido testicular procedentes de perros jóvenes, cobayas y otros animales. Su convencimiento era que las hormonas presentes en esos extractos incrementaban la fuerza muscular y el vigor sexual, por lo que defendía el uso médico de tales extractos como un medio de prolongar la vida.

La realidad es que, en los humanos, el envejecimiento va acompañado de una disminución de la producción gonadal de estrógenos en las mujeres (menopausia), de la de testosterona en los hombres (andropausia), de la de DHEA y de DHEAS en las adrenales (adrenopausia), así como de la actividad de la hormona del crecimiento (GH) y del factor similar a insulina (IGF) (somatopausia). Por ello, se está investigando intensamente en las terapias basadas en el reemplazamiento hormonal de dichas hormonas. Precisamente, hace unos pocos meses, para evaluar la situación al respecto se celebró durante 4 días un Simposio Internacional sobre la Endocrinología del Envejecimiento, en Tempe, Arizona, que reunió a los especialistas más prestigiosos del mundo, siendo uno de los tópicos analizados el del papel de la DHEA y DHEAS, así como su posible utilización terapéutica. Veamos las conclusiones principales obtenidas, así como las deducidas de las 8 investigaciones más relevantes que se han publicado al respecto durante el pasado y presente año.

DHEA y DHEAS. La DHEA es un metabolito de la biosíntesis de las hormonas esteroides androgénicas, presentando por sí misma una actividad hormonal androgénica, a la vez que posee neuroactividad. Las concentraciones normales de DHEAS son dos veces más altas en hombres que en mujeres. Con la edad se reduce la producción de esas hormonas. Por ejemplo, en mujeres recién menopáusicas esa reducción ya alcanza el 50%.

¿Qué sucede al disminuir la DHEA o la DHEAS?. En varias investigaciones epidemiológicas realizadas a lo largo de varios años, publicadas en 1999, en el caso de varones se han asociado niveles más bajos de DHEAS con mayores incidencias de enfermedades vasculares, cardiovasculares, demencia, diabetes, desórdenes musculares y malignizaciones. Sin embargo, un análisis más profundo pareció indicar que un bajo nivel plasmático de DHEA no constituye un indicador específico de riesgo para esas patologías sino que se trata de un fenómeno secundario a las mismas.

En cuanto a las mujeres se había relacionado la hiperinsulinemia, frecuente en obesas, con unos niveles más bajos de DHEAS y con un mayor riesgo cardiovascular. Pero en una más reciente investigación italiana realizada sobre cerca de 400

mujeres se llegó a la conclusión de que no existían pruebas fehacientes de que los niveles de DHEAS estuviesen implicados en la patogénesis de las enfermedades vasculares durante el envejecimiento de las mujeres obesas.

Respecto a los usos beneficiosos de la ingesta adicional de estas hormonas para combatir el envejecimiento o sus efectos la situación tampoco parece claramente determinante. Una de las investigaciones usó dosis diarias de 100 mg sobre varones y hembras estudiando las concentraciones plasmáticas de las diferentes hormonas sexuales, la fuerza muscular, la composición corporal y otros parámetros. No hubo cambios adversos, pero los beneficiosos, de haberlos, fueron muy ligeros. Otra investigación se realizó sobre mujeres menopáusicas con sintomatologías adversas. Se estudiaron los perfiles endocrinos sanguíneos, los parámetros lipídicos y la variación de sus síntomas relacionados con malestar, disminución de la libido, malhumor, etc. La conclusión fue que no hubo variación en estos síntomas y que la de los perfiles lipídicos fue muy leve. Citaremos una última investigación, realizada durante 9 meses, con dosis diarias de 100 mg de DHEA. Se estudió la masa corporal, los datos hematológicos y de orina, los niveles sanguíneos hormonales y ciertas valoraciones sicológicas. Cualquier variación encontrada había desaparecido a los tres meses de finalizar el tratamiento.

En resumen, por ahora y a pesar de las informaciones triunfalistas, derivadas de algún estudio aislado, lo cierto es que no hay datos científicos suficientes para avalar la existencia de un importante efecto antienvejecimiento de las hormonas DHEA o DHEAS, así como tampoco existe suficiente base experimental que apoye su utilización terapéutica rutinaria.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

¿Existe una ciencia para freír las patatas?. Así lo creen la Dra. Mazda Krokidia y sus colegas de la Universidad Técnica Nacional de Atenas, quienes durante un año han investigado esta cuestión, buscando reducir su contenido final de aceite. Los procesos físicos y químicos los han resumido en seis complejas ecuaciones que contemplan, entre otros aspectos la salida del agua o la absorción

del aceite. Y la recomendación práctica final: poner las patatas en el microondas durante un minuto antes de freirlas, en un aceite que esté a una temperatura moderada.

GEN DE OBESIDAD

En el número del presente mes de la revista Nature Genetic una investigación relaciona al gen HMGIC, localizado en ratones, con la capacidad de formar depósitos grasos cuando se ingiere una dieta rica en lípidos. En ratones «noqueados» en los que ese gen no es activo, sólo se acumula un 10% de la cantidad normal de grasa, mientras el resto de su comportamiento es normal. Sometidos a una dieta muy rica en grasas no ganaron más peso que los ratones con una comida normal. Se piensa que pronto se encontrará el gen equivalente en humanos.

VACAS Y EFECTO INVERNADERO

Los rumiantes en la porción de su estómago denominada rumen producen gas metano a partir de los ingredientes de su dieta, mediante la acción de una serie variada de bacterias situadas en su tracto digestivo. En Europa, el metano producido por los rumiantes representa el 33% del total liberado a la atmósfera. Y el metano es uno de los más potentes gases originadores del efecto invernadero, comparativamente 21 veces más potente que el dióxido de carbono. Unos investigadores han encontrado la solución al problema: enriquecer los piensos de estos animales con la adición de la bacteria Brevibacillus parabrevis, que convierte la mayor parte del metano en dióxido de carbono.

PROYECTO PROTEOMA HUMANO

Científicamente, el Proyecto Genoma Humano es considerado como la mayor aventura científica de la Humanidad. Pues bien, cuando aún faltan casi dos años para la fecha oficial de su finalización, pero prácticamente se han alcanzado los objetivos, comienza a dar sus primeros pasos otro gran proyecto, mucho más ambicioso y trascendental: el Proyecto Proteoma Humano (PPH).

En la jerga biológica últimamente son muy abundantes los denominados «omas», es decir, términos conceptuales entre los que podríamos destacar genoma, transcriptoma, metaboloma y proteoma. En realidad, con ellos se trata de describir los diferentes niveles de análisis con los que se puede abordar el funcionamiento de nuestras células, órganos, tejidos u organismos. De este modo, el genoma (constituido por ADN) es el conjunto de genes. Una parte de esos genes se transcriben en forma de ARN mensajero, cuyo conjunto sería el transcriptoma. Los ARN mensajeros codifican la síntesis de proteínas y el conjunto de todas las proteínas obtenidas directamente o tras diversas transformaciones constituye el proteoma, mientras que el término metaboloma se reservaría al conjunto de los diferentes metabolitos existentes, con diversas naturalezas químicas.

PROTEÓMICA. La Genética trata de los mecanismos de la herencia, que se expresan a través de los genes. La Genómica, precisamente, trata de conocer la naturaleza íntima de los genes y su funcionamiento. Sus logros están y estarán, en

gran parte, íntimamente ligados a los del Proyecto Genoma Humano, con la identificación y secuenciación de nuestros alrededor de 40.000 genes, lo que, sin duda repercutirá muy favorablemente en numerosas facetas relacionadas con nuestra vida, ambiente, bienestar, salud o enfermedades.

Sin embargo, las proteínas son las verdaderas expresiones funcionales del genoma, de los genes. Y los conocimientos actuales hacen insostenible lo que fue denominado como uno de los dogmas de la Biología, es decir, la idea de un gen-una proteína. El mundo de las proteínas nos está apareciendo como un mundo cuantitativamente (y posiblemente, cualitativamente) mayor y más complejo que el de los genes y, además, aún nos es bastante desconocido. Ante una situación concreta, muchas veces no sabemos cuáles son las proteínas que se expresan, cómo se cuantifica esa expresión ni las consecuencias que sobre la misma ejercen diversas modificaciones posibles de sufrir por parte de una proteína original que la lleva a convertirse en diferentes modalidades de esa proteína con funciones muy diversas. Por otra parte, cada vez es más evidente, que una misma forma de proteína, en un ambiente biológico determinado, puede tener una función que sea muy diferente al que ejerce en otro ambiente distinto.

Por tanto, la situación es que estamos comenzando a descubrir cómo, desde un cierto número de genes se puede producir un número mucho mayor de proteínas y comenzamos a comprender que los mecanismos de modificación postraduccionales (tras su biosíntesis) de las proteínas tales como su fosforilación, glicosilación, polimerización, etcétera, afectan a aspectos esenciales de su funcionalidad. Y desconocemos casi totalmente aspectos tan importantes sobre la funcionalidad de las proteínas como son las influencias medioambientales o las relaciones multigénicas que subyacen en la mayoría de las enfermedades o en fenómenos como el del envejecimiento. Todo ello no podría aclararse por el mero examen y conocimiento del genoma.

Para muchas personas quizá supuso una decepción saber que «sólo» poseemos unos 40.000 genes, un número no mucho mayor que el de otros organismos mucho más inferiores. Para tales personas podría serles de consuelo conocer que la relación entre número de proteínas y genes es sólo de 1-2 en bacterias, de 3 en levaduras, algo más superior en organismos intermedios, pero en los humanos ese número es mucho más elevado, posiblemente en el rango de 6-8.

PPH. Es, pues, evidente que tenemos que ir más allá del genoma. Ya comienza a hablarse de que estamos entrando en la era postgenómica y algunos científicos manejan el término de operómica, como el conjunto de abordajes de estudio a realizar durante todo el trayecto que va desde el ADN, pasando por el ARN, hasta las proteínas y el análisis molecular y celular de sus funciones.

Posiblemente quedará fijada la fecha de abril del 2001 como la del nacimiento del Proyecto Proteoma Humano (PPH), coincidente con la primera reunión internacional que se celebró para presentar a HUPO, es decir, la organización mundial creada para coordinar y estimular todos los estudios proteómicos que se pretenden integrar dentro del PPH. Como presidente de HUPO se eligió a un prestigioso científico, el Dr. Sam Hanash, un pionero en la proteómica del cáncer, con contribuciones científicas muy valiosas que van desde desarrollos de complejas tecnologías analíticas, construcción de bancos de datos de las expresiones proteicas, integración de datos genómicos y proteómicos, hasta ciertas aplicaciones clínicas como las posibilidades proteómicas en la clasificación de las enfermedades, en el desarrollo de nuevos medicamentos o en el descubrimiento de nuevos biomarcadores aplicables al diagnóstico precoz del cáncer.

OBJETIVOS. Partiendo de la realidad inicial de que las organizaciones ya integradas en HUPO cuentan con más de mil millones de dólares de financiación, el primer congreso sobre el PPH logró establecer una serie de objetivos más o menos generales para ser cumplimentados, entre los que destacan crear un Catálogo general de proteínas humanas, en el que se incluyan todas las variantes posibles para cada proteína. También se estimulará el conocimiento de las interacciones entre proteínas y proteínas o entre proteínas y ácidos nucleicos, sin olvidar las investigaciones para descubrir los mecanismos que gobiernan los niveles relativos de expresión y las formas de esa expresión de las proteínas de cada tejido u órgano en situaciones de salud, enfermedad o terapia.

En España, uno de los principales grupos investigadores en Proteómica está enclavado en el Centro Nacional de Biotecnología y proporciona servicios específicos de tipo analítico, mediante unas tarifas establecidas, al resto de la comunidad científica española que desee usarlos.

Existe la seguridad de que la Proteómica será muy relevante en la próxima y esperada Medicina molecular individual ya que casi todos los medicamentos o son proteínas o ejercen sus acciones a través de proteínas. Además, las funciones o disfunciones de las proteínas ligadas a las diversas patologías, así como sus sistemas de participación, frecuentemente dependen de sus modificaciones postraduccionales, por lo que no están directamente codificadas por el genoma. Por ello, la Proteómica será la tecnología fundamental para lograr convertir los avances genómicos en una comprensión más profunda de la naturaleza de las enfermedades y de los modos de combatirlas.

En suma, comienza la Era Postgenómica, y se inicia basada en la esperanza de los inmediatos e importantes logros de la Proteómica.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Los seres humanos no absorbemos todas las vitaminas y minerales que consumimos. Ello es aplicable, especialmente a las sustancias liposolubles, entre las que se incluyen las vitaminas E, A, D, K y los carotenoides. En un estudio realizado sobre voluntarios que tomaban 300 mg diarios de vitamina E se ha demostrado que si su ingesta se realiza sin ir acompañada de otros alimentos su contenido en sangre aumentaba un 28%, pero si la ingesta se hacía acompañada de una comida normal esa cifra aumentaba hasta el 84% y se incrementaba en un 14% la capacidad de eliminación de peróxidos lipídicos perjudiciales.

DIABETES

En algunos países desarrollados, como el Reino Unido, la diabetes afecta a un 4% de su población. Es bien sabido que, en estos casos, si no se mantiene un adecuado control de la glucemia suelen tener lugar posteriores y graves complicaciones. Una protección antioxidante parece aconsejable en tales casos y, de acuerdo con ello, existen recientes resultados de investigaciones que sugieren

que, en particular, la vitamina E, es de gran ayuda para prevenir las complicaciones cardiovasculares asociadas a diabetes de tipo 2. Se recomienda, en tales casos la toma de entre 100 y 400 mg diarios de vitamina E.

RETRASO MENTAL

En el último número de la revista Cell se publican los resultados de una investigación que aclara diversos aspectos del retraso mental que se desarrolla en personas afectadas con la enfermedad genética conocida con el nombre de X frágil. La razón estriba en la falta de una proteína conocida como FMRP (FragileX Mental Retardation Protein) que controla a diversas proteínas específicas cerebrales, lo que aclara los caminos por los que se producen las anormalidades físicas, cognitivas y de comportamiento típicas de los afectados.

PROTAGONISTAS

«Intruso en el polvo» (1948) es una obra del gran escritor americano William Faulkner. En ella podemos leer una frase oportunísima para estos días que, desde el punto de vista científico, con el anuncio público respecto al Proyecto Genoma Humano, tan genómicos son: «Ayer sólo acabará mañana y mañana ha comenzado hace diez mil años». Una precisión genético-biológica necesaria sería la de ampliar los diez mil años hasta unos cuatro mil millones de años, posible comienzo de la vida sobre la Tierra.

La frase parece esconder un cierto sentido de pausada continuidad evolutiva. El sentimiento de que somos un engranaje más, aunque maravilloso, en el mecanismo de la vida se hace muy patente con las primeras conclusiones derivadas de lo ya conocido del Proyecto Genoma Humano. Del total de nuestros alrededor de 30.000 genes posibles, menos del 25% los compartimos con los vertebrados superiores. La mayor parte constituyen un acervo común con los organismos menos desarrollados. De los despreciados ratones nos diferencian sólo unos 300 genes, menos del 1% de nuestro genoma. Y, seguramente, cuando pronto conozcamos el genoma del chimpancé, en este caso la diferencia se reducirá a unos pocos genes.

GENES Y GENOMA. Craig Venter ha liderado a los más de 200 firmantes del trabajo de Celera Genomics, publicado en la revista Science. Francis Collins ha sido

el director del Consorcio Internacional para el Genoma Humano, cuyo trabajo publica Nature. Desde ahora, ambos han pasado a ser candidatos cualificados de un próximo Premio Nobel. Pero sería injusto olvidar a los miles de científicos de todo el mundo que han colaborado en este gran logro, que abre unas inmensas perspectivas a la Humanidad. Y tampoco podemos ignorar a los centenares de científicos que, años atrás, fueron haciendo los grandes descubrimientos que han conducido hasta el borrador del Proyecto Genoma Humano. En representación de todos ellos, recordaremos las aportaciones de unos pocos, partiendo de Mendel, con sus leyes de la herencia, fundamentales para que Darwin postulase el concepto de evolución biológica. Es un recorrido desde la Genética a la Genómica, pórtico para el desafío científico del siglo actual: la Proteómica.

En Dublín, en el año 1944, el gran físico austriaco Erwin Schrödinger, Premio Nobel de Física (1933) por sus fundamentalísimas aportaciones a la mecánica cuántica, pronunció unas conferencias, recogidas posteriormente en el precioso librito «¿Qué es la vida?», que tuvo mucha repercusión en muchos protagonistas de los avances científicos más trascendentes del siglo XX, entre ellos Einstein. Uno de los capítulos está titulado «El mecanismo de la herencia», donde resume los conocimientos entonces existentes. Y, si con acierto aventuraba el papel de los cromosomas nucleares: «Son estos cromosomas... los que contienen en alguna forma de clave o texto cifrado el esquema completo de todo el desarrollo del individuo y de su funcionamiento en estado maduro». Sin embargo, al seguir las ideas entonces dominantes, se equivocaba al identificar las moléculas de la herencia: «... el gen ... Probablemente se trata de una gran molécula de proteína...». Esta era la situación casi a mediados del siglo XX.

ADN Y BIOLOGÍA MOLECULAR. En ese mismo año, 1944, fue cuando el bioquímico americano Oswald Theodore Avery, junto a C. MacLeod y M. McCarthy, aclaró que la información genética de los seres vivos consistía en el ácido desoxirribonucleico. El próximo desafío consistía en determinar una estructura del ADN que, simultáneamente, aclarase sus propiedades quimicofísicas y, sobre todo, su importante papel biológico, la capacidad de replicarse en dos moléculas iguales situables en cada una de las dos células procedentes de una multiplicación celular. Lo consiguieron, en 1953, (Premios Novel en 1962), el joven biólogo ameri-

cano, entonces con 25 años, James Watson, y el británico Francis Crick, quien en los últimos años se ha interesado por problemas diversos, como la vida de otros mundos, la teoría de la panespermia o la naturaleza molecular de la consciencia.

Los 15 años transcurridos desde 1960 a 1975 fueron de un ritmo trepidante para el desarrollo de la Biología y Genética moleculares. Primeramente, gracias a los franceses Jacob y Monod, nació, y después se confirmó experimentalmente, el concepto de ARN mensajero como encargado de transferir la información genética desde el ADN nuclear a la maquinaria de síntesis proteica. Se extendió el postulado un gen – una proteína. Los comienzos de los 60 fueron testigo de la apasionada carrera científica, que duró hasta 1966, entre los grupos de Ochoa y Niremberg para descifrar la clave genética. Y, vertiginosamente, se fueron aclarando las bases moleculares, las enzimas y procesos, de la transferencia de la información (el conocido como dogma central de la Biología) desde el ADN hasta las proteínas y enzimas.

Shapiro y Beckwith consiguieron, por primera vez, en 1969, el aislamiento de un gen de la bacteria Escherichia coli. Pero, ¿se podrían obtener nuevos genes mezclando genes preexistentes?. En 1972 se produjo, a partir de investigaciones microbiológicas básicas, el que iba a ser el descubrimiento crucial: las enzimas de restricción, verdaderas tijeras moleculares capaces de cortar las dobles hebras del ADN en lugares específicos, con extremos cohesivos. Inmediatamente, Paul Berg y P. Lobban, independientemente, lograron las primeras moléculas de ADN recombinante, procedentes de ADN de diferentes especies. Al vislumbrar los problemas bioéticos que aparecerían, los propios científicos propusieron la realización, en 1975, de la conferencia de Asilomar, para lograr acuerdos generales de control.

GENÓMICA. La década siguiente vio plasmadas, las expectativas existentes, comenzando con la obtención de la insulina recombinante. Otros dos gigantes pasos tecnológicos fueron, en 1977, el desarrollo por Sanger y Gilbert de las técnicas de secuenciación de las bases del ADN y, en 1983, cuando Kary Mullis descubrió la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), una especie de «fotocopiadora biológica» que permitía obtener, en poco tiempo, miles de millones de reproducciones de material genético idéntico al original.

En 1985, Alec Jeffreys desarrolló la técnica de la huella del ADN, basada en el

estudio de porciones del genoma sin genes, lo que se ha denominado el código de barras genético individual. También fue este mismo año cuando el científico Walter Gilbert propuso la realización del Proyecto Genoma Humano a escala mundial. El año siguiente, el Departamento de Energía de los Estados Unidos auspiciaba el Proyecto Genoma Humano. En 1988, Watson fue nombrado director de la Oficina de Investigación del Genoma Humano, organismo dependiente de los NIH americanos. El Proyecto Genoma Humano comenzaba oficialmente, con un presupuesto cercano a los 3.000 millones de dólares y la pretensión de que finalizase el año 2005. Cinco años antes, al iniciarse el 2001, se han cubierto los objetivos. Miles de científicos, además de los mencionados, son los responsables del éxito.

CRAIG VENTER

Investigador de los NIH en el proyecto público, el Dr. Venter fue pionero del uso de secuenciadores automáticos de genes y, en 1990, desarrolló una nueva estrategia revolucionaria (EST: «expressed sequence tags») para el estudio del genoma. También propuso patentar las secuencias aleatorias del genoma, aun antes de conocer sus funciones. En 1992 dejó los NIH para fundar el TIGR (Institute for Genomic Research). En 1997, con el Dr. Hunkapiller (de PE Biosystems) formó una compañía para acelerar las secuenciaciones usando micrométodos propios diferentes a los del consorcio público. Y, en 1998 el Dr. Venter anunciaba la creación de la empresa Celera Genomics, con el apoyo de Perkin Elmer, con el propósito principal, de lograr la secuenciación en tres años (con dos años de anticipación sobre la fecha entonces prevista por el consorcio oficial)

FRANCIS COLLINS

Es el director del National Human Genome Research Institute y ha coordinado y dirigido en los últimos tiempos los esfuerzos del consorcio público en el Proyecto Genoma Humano. La investigación de su grupo está dirigida a la iden-

tificación de los genes causantes de enfermedades, lo que han logrado en ejemplos como la fibrosis cística, la neurofibromatosis, la enfermedad de Hungtinton o la neoplasia endocrina múltiple tipo I. Actualmente dirige su atención al análisis genético de enfermedades en las que intervienen diversos genes tales como la Diabetes mellitus no dependiente de insulina. Para ello está realizando una búsqueda genómica total de los genes de susceptibilidad sobre 2.500 muestras finlandesas de ADN humano procedentes de hermanos gemelos univitelinos y de familiares de afectados.

BIOCHIPS DE ADN

Constituirán una de las más importantes aplicaciones prácticas médicas del Proyecto Genoma Humano. La mayor parte de los genes ocasionadores de riesgos de enfermedades son grandes, presentando la posibilidad de un gran número de mutaciones que les confieran consecuencias fenotípicas. Su estudio se podría abordar con biochips adecuados de ADN. Una de las empresas más activas al respecto es Affimetrix, que colabora con los NIH americanos. Por ejemplo, están desarrollando un biochip para detectar mutaciones heterozigotas en el gen BRCA1 (ocasionadoras de un buen número de cánceres de mama), que es muy grande y puede tener múltiples mutaciones. Ya se han conseguido sensibilidades y especificidades superiores al 90%.

LAS ARMAS DEL BIOTERROR

En tres centros comerciales de tres grandes ciudades americanas se han esparcido unos aerosoles que contienen virus de la viruela. Nadie se apercibe de nada hasta que transcurridos unos 12 días comienzan a llegar a las urgencias hospitalarias pacientes aquejados de fiebre y sarpullidos. Pero el contagio es ya inevitable. A las tres semanas existen 16.000 afectados y 5.000 fallecidos. A los dos meses los infectados son tres millones y las muertes superan el millón de personas. Y la epidemia continúa creciendo...

¿Alarmismo?. Afortunadamente, por ahora se trata de una mera simulación. Pero es una simulación basada en supuestos científicos y que ha sido recogida en medios de comunicación tan solventes como el New York Times y el BusinessWeek. Los episodios del ántrax han hecho que la sensibilidad y el temor hacia el bioterrorismo se hayan despertado en todo el mundo. Lo peor es que no faltan motivos de preocupación para ello. Comentaremos algunos de los aspectos más relevantes del problema.

BIOTERRORISMO. Según el Dr. Henderson, experto científico americano, lo más destacable respecto al escenario bioterrorista es el hecho de ser muy diferente al tradicional. La liberación del agente biológico es silenciosa e indetectable ya que su lanzamiento (al contrario de un arma convencional, química o nuclear) puede ser invisible, inodoro e insípido, en forma de un aerosol o gas, capaz de

penetrar en áreas interiores. Además, existen miles de armas biológicas potenciales, aunque realmente sólo unas pocas reúnen las características necesarias para un uso realmente peligroso. Las cuatro más terribles serían las basadas en los agentes patógenos de la viruela, la peste, el ántrax y el botulismo.

Al contrario de lo que se piensa usualmente, la guerra biológica no es una novedad. Posee su historia. Hace más de 600 años, en 1347, en el asedio de Caffa, en Crimea, se restregaron los cadáveres de personas fallecidas víctimas de la peste sobre las paredes de las murallas como medida de protección contra los atacantes. Ello ocasionó que, posteriormente, los barcos genoveses llevaran el bacilo de la peste (Yersinia pestis) hasta Europa, ocasionando la epidemia que se conoció como la «Muerte Negra». Más recientemente, en la 2.ª Guerra Mundial, los alemanes llegaron a infectar con muermo diversos cargamentos de víveres destinados a las tropas aliadas. Y en la pasada década, en al menos 30 ocasiones, los seguidores de la secta japonesa Aum Shinrikyo vaciaron aerosoles conteniendo toxina del botulismo en Tokio y en algunas instalaciones militares americanas de Japón.

La toxina del botulismo ha sido la más escogida en muchos de los intentos de ataques biológicos. Se trata de una proteína dimérica, cuya cadena peptídica ligera posee una actividad proteolítica endopeptidasa que al actuar evita que las vesículas que contienen acetilcolina se fundan con la membrana terminal de los axones motoneuronales. La consecuencia inmediata es la parálisis muscular. La dosis letal humana por inhalación es inferior a los 0,9 microgramos. Hay que recordar que Irak, tras la Guerra del Golfo, admitió ante los inspectores de Naciones Unidas, la producción y tenencia de unos 19.000 litros de una disolución concentrada de toxina de botulismo y que 10.000 litros ya se habían colocado en armas militares portadoras. Con tal ingente cantidad de toxina, por inhalación, teóricamente se podría haber matado tres veces a toda la población mundial. Se sabe que, no sólo Irak, sino Irán, Corea del Norte y Siria han desarrollado programas de producción de toxina del botulismo

VIRUELA. Preocupa tanto o más que el botulismo. Se trata de una enfermedad eruptiva contagiosa originada por un virus, el Ortho poxvirus, miembro de la

familia de lo poxviridaes. El tiempo medio de incubación es de 8-14 días, con aparición de escalofríos, fiebre, dolor de cabeza y de espalda, evolucionado con la aparición de erupciones cutáneas. Por ello, en caso de epidemia, no sería reconocida, hasta 2-3 semanas de su provocación. Hace más de 20 años que se confirmó el último caso de viruela en el mundo y se interrumpieron las vacunaciones. Por ello, hace casi dos décadas que la OMS la declaró como una enfermedad erradicada y en 1997 solicitó que se destruyesen todas las muestras conservadas existentes en los laboratorios de todo el mundo. Por tanto, actualmente, más del 80% de la población mundial, sobre todo la más joven, ha quedado desprotegida inmunológicamente ante una enfermedad cuya tasa de mortalidad podría superar el 30% de los afectados. Con la complicación adicional de que actualmente no existen productores, a gran escala, de vacunas contra la viruela, capaces de contrarrestar rápidamente el brote de una posible epidemia ocasionada por el bioterrorismo.

Otra preocupación respecto a la viruela ha sido que, recientemente, se ha señalado la aparición en África, de una variedad de viruela (ocasionada por un poxvirus simio) propia de los simios que ha pasado y afectado a algunos humanos, posiblemente tras su ingesta de carne de mono. En un primer momento, se pensó en el peligro epidémico que ello podría suponer. Pero parece que, por lo conocido hasta ahora, sólo se realiza la transmisión simio-humano, pero no la de humano-humano.

ÁNTRAX. La actual situación en Estados Unidos ha confirmado que el bioterrorismo ya no es sólo una especulación sino una desgraciada realidad. La preocupación al respecto se generaliza, incluyendo a los científicos, para intentar contrarrestar sus efectos. Hace unos días la prestigiosa revista Nature ha puesto en marcha en Internet unas páginas de acceso libre para proporcionar la última información científica sobre el ántrax y otras potenciales armas biológicas. Su inauguración coincide con dos esperanzadoras investigaciones en relación con el ántrax.

Hay que recordar que el agente causante del ántrax, la bacteria Bacillus anthracis, produce una toxina compuesta de tres proteínas: antígeno protector (AP), factor edema (FE) y factor letal (FL). AP se enlaza a receptores celulares situa-

dos sobre las membranas de las células huéspedes y, tras una cierta modificación química (una proteolisis) se enlaza a las otras dos proteínas FE y FL, facilitando su introducción al interior de la célula huésped, donde ejercen sus efectos patogénicos.

Una de las investigaciones, la dirigida por el Dr. Bradley, ha conseguido clonar el gen de la proteína receptora de la toxina del ántrax, es decir, de la proteína reconocedora y receptora para la AP. La segunda investigación, dirigida por el Dr. Pannifer, ha caracterizado y determinado la estructura cristalina de la FL, que es una enzima que actúa favoreciendo la liberación de otra enzima MAPKK (Mitogen Activated Protein Kinase Kinase) que desorganiza los mecanismos de señalización celular en la célula huésped. Otra tercera investigación reciente ha sido la dirigida por el Dr. Dietrich, en la Facultad de Medicina de Harvard, localizando, en ratones, un gen que los hace resistentes a la toxina del ántrax.

ÁNTRAX: VACUNAS

La situación actual sobre este tema es compleja. Se desarrolló una en 1960, basada en la administración de seis dosis sucesivas, por inyección, de una mezcla cruda de los componentes proteínicos de la toxina, a fin de estimular la respuesta inmunológica. Tras ello hay que dar, regularmente, dosis de recuerdo. La producción de esta vacuna es escasa, sólo suficiente para los militares americanos. Varios grupos investigadores están intentando encontrar vacunas más sencillas y eficaces, usando proteínas más purificadas, pero la situación de tales investigaciones aún no permite su aplicabilidad inmediata.

ÁNTRAX: INFORMACIÓN

La división de enfermedades bacterianas y micóticas del Centro de Control de Enfermedades de Estados Unidos, posee unas páginas web con gran información sobre el bioterrorismo (www.bt.cdc.gov). Y también posee otra muy interesante

información, sobre el ántrax, con el atractivo de que están disponibles en español www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/anthrax. Allí se encuentran respuestas adecuadas a más de una quincena de preguntas tales como ¿Se puede transmitir de persona a persona? ¿Hay manera de prevenir la infección? ¿Hay tratamiento adecuado?

PATÓGENOS

No sólo preocupa el uso bioterrorista del ántrax, la peste, el botulismo o la viruela, sino que existe otra lista de posibles agentes que podrían usarse con los mismos fines. Entre ellos, los expertos consideran que ofrecen mayores posibilidades y, por ello, son más peligrosos: 1) turalemia, causada por la bacteria Francisella turalensis; 2) muermo, usualmente se da en animales, producido por otra bacteria; 3) tifus; 4) fiebre Q; 5) encefalitis equina venezolana; 6) virus de Marburgo; 7) virus de la gripe.

EL ADN DE NUEVA YORK

Los brutales e inconcebibles atentados del 11 de septiembre en Nueva York han ocasionado un tremendo reto científico para la Medicina Forense. Se trata de identificar a muchos miles de víctimas de las que, en la mayoría de los casos, no se cuenta con unos restos más o menos convencionales.

Son los obtenidos, tras ímprobos esfuerzos de los equipos de rescate, que se encuentran tremendamente fraccionados y diseminados, muy deteriorados conforme va transcurriendo el tiempo, tras haber pasado por pavorosos incendios y daños mecánicos ocasionados por los impresionantes derrumbamientos y presiones ocasionadas por el peso de los gigantes edificios abatidos.

ADN. Desde las primeras actividades de rescate realizadas tras los atentados, a los laboratorios especializados en análisis genéticos están llegando muestras procedentes de la Zona Cero de Nueva York, con una intensidad media equivalente a una muestra por minuto. Efectivamente, para abordar el enorme problema de la identificación, el único sistema con eficacia es el del análisis e identificación del ADN, las «huellas genéticas», de las muestras de las víctimas ya que esta técnica permite estudiar muestras de ADN muy pequeñas, del orden de nanogramos (un nanogramo es la milmillonésima parte de un gramo), equivalentes a concentraciones de unos 3 microgramos por microlitro.

Una dificultad adicional ha sido la inexistencia de experiencia previa en problemas de tal magnitud ya que los precedentes de análisis masivos de ADN se

corresponden principalmente a algunos accidentes aéreos, como fueron los casos de un avión suizo o el de otro avión egipcio. Pero, en estas ocasiones, los restos estaban bastante intactos, relativamente bien conservados, y se contaba con la lista de pasajeros y la colaboración de sus familiares proporcionando efectos personales y muestras de los fallecidos y de sus familiares.

En el caso de Nueva York una de las principales dificultades, aparte de la propia situación de los restos, es que las bacterias contaminantes atacan y rompen rápidamente al ADN y aceleran la putrefacción de la piel. Pero, incluso así, la técnica STR, a la que nos referiremos posteriormente puede funcionar con unas limitaciones que son asumibles. En otros casos de restos procedentes de zonas incendiadas o que fueron pasados por los crematorios, aún es posible analizar los restos óseos, en los que la obtención del ADN normal es imposible, pero queda la posibilidad de aislar algún ADN mitocondrial.

En Nueva York las actuaciones previas corresponden al Laboratorio Forense de la Policía Estatal, encargado de recoger y clasificar los miles de muestras propias aportadas por los parientes de las presuntas víctimas, así como los efectos personales pertenecientes a éstas, en los que se pudieran analizar los restos del ADN allí existentes. Muy cerca del lugar de la catástrofe, otro grupo médico se encarga de recibir y clasificar los restos hallados de las víctimas, que son catalogados con las técnicas forenses estandarizadas, tras lo cual se realizan las correspondientes extracciones de su ADN.

TÉCNICAS. El trabajo analítico se está distribuyendo entre tres laboratorios. Uno de ellos es el de la compañía Celera (Rockville, Maryland), conocida por protagonizar la participación privada en el Proyecto Genoma Humano. Allí se realizan las determinaciones basadas en la técnica del ADN mitocondrial. Un segundo laboratorio es el de la empresa Myriad Genetic, basados en la técnica STR (Short Tandem Repeat), que caracteriza a unas cortas (4 bases) series de porciones repetitivas de ADN que no pertenecen al ADN informativo de los genes sino que están situadas en los largos espacios de ADN existentes entre gen y gen. Existen 14 de estos marcadores establecidos y sus patrones de distribución varían para cada cromosoma. Por ejemplo, para una determinada persona, en su cromosoma (dupli-

cado) 13, un patrón de distribución para un marcador podría ser el de una repetividad de 10 y 15 respectivamente. Sin embargo, en otra persona, los valores correspondientes podrían ser 8 y 7.

El gran número de posibilidades de patrones de distribución existentes hace que la probabilidad de coincidencia de tales patrones entre dos personas cualesquiera sea del orden de 1 en 250 billones. Como nuestro ADN es una mezcla del ADN de nuestra madre y de nuestro padre, en una determinada muestra biológica existen 2 patrones de cada marcador STR. Cuando se realizan los patrones STR en una muestra del lugar del atentado y se compara con las aportadas por los diferentes familiares, se puede hacer una evaluación del error posible tras el establecimiento de una relación entre víctima y familiares. En el peor de los casos el error podría llegar a ser de 1 en 3.000, pero en los casos más claros disminuyen las posibilidades de error hasta alcanzar la cifra de 1 en mil millones.

Tras la llegada de las muestras al laboratorio la informatización permite registrar y comprobar todos los reactivos, operaciones y circunstancias a las que son sometidas. En primer lugar, mediante una técnica PCR (Reacción en cadena de la polimerasa) se aíslan y amplifican miles de veces regiones cromosómicas específicas, lo que permite el posterior estudio de los patrones STR para la porción cromosómica. La integración de los patrones STR de cada muestra de una víctima se resume en un resultado expresado numéricamente que es el que se utilizará para las comparaciones con las muestras procedentes de familiares y de objetos personales.

ESFUERZO. Cada muestra neoyorquina es analizada por cuadriplicado, duplicadas a través de dos programas de amplificación (Profiler y Cofiler), y los datos son analizados, depurados y almacenados en un banco de datos a través de otro programa específico (Surelock).

Hasta ahora (noviembre del 2001), en la Zona Cero de Nueva York se han retirado casi un 40% de los escombros totales existentes y se han tratado o están en fase de análisis más de 50.000 muestras biológicas. Se cree que el proceso total de limpieza durará unos cinco meses y conforme transcurra el tiempo será más difícil obtener nuevas muestras y estarán más deterioradas, cal-

culándose que el total de muestras analizables superarán el millón o millón y medio. Se desconoce cuál será su grado de viabilidad en el futuro ya que precedentes con un grado elevado de éxito, como el del avión suizo, correspondieron a víctimas que permanecieron en el agua del mar durante casi un mes, pero a una temperatura baja, de 4 ºC.

El esfuerzo humano y científico que se está haciendo para identificar a las víctimas del atentado de Nueva York es de una gran envergadura, con un costo económico razonable, de unos 50 dólares por muestra, teniendo en cuenta que la recogida, catalogación y extracción del ADN puede suponer un costo 10 veces superior al del importe de la realización de los análisis.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El consumo de cereales integrales, en cantidades equivalentes a una porción de copos y dos porciones de pan diarios, con alto contenido en fibra, posee diversos efectos beneficiosos. Existen diversas investigaciones que demuestran una disminución del 30% en enfermedades cardiovasculares, su efecto corrector en estreñimientos y otras afecciones gastrointestinales e, incluso un papel protector contra el cáncer. Ahora otra investigación ha demostrado que disminuyen un 30% el riesgo de contraer diabetes, mientras que el consumo de bebidas de cola, pan blanco, arroz blanco o patatas fritas se asocia con un incremento de este riesgo.

ADN MITOCONDRIAL

Las muestras sometidas en la Zona Cero de Nueva York a los análisis de ADN mitocondrial poseen la peculiaridad de que todas son idénticas y que su ADN se hereda por vía materna. El contenido informativo de su ADN es menor, aproximadamente un 80%. Por el contrario, como ventajas se pueden señalar que las mitocondrias suelen ser muy abundantes, y su ADN se puede extraer de restos óseos

aunque se haya perdido la masa tisular, permitiendo su amplificación a partir de cantidades iniciales muy pequeñas. Por todo ello, la técnica mitocondrial suele usarse como apoyo a la de STR.

FOLATO

Los efectos beneficiosos del ácido fólico en la prevención de ciertas patologías, han hecho que ciertos gobiernos, como el americano, obliguen a la fortificación de harinas y cereales con ácido fólico. De modo natural el ácido fólico se presenta en hígado, salvado de trigo, alubias, espinacas o espárragos. Se da la circunstancia de que el ácido fólico sintético se absorbe mucho mejor (más del 40%) que la forma natural, por lo que la fortificación de ciertos alimentos con ácido fólico sintético es la mejor solución.

GENÓMICA Y BIOINFORMÁTICA: DISCIPLINAS SIMBIONTES

Por Marcos Egea Gutiérrez-Cortines
Profesor titular de la Universidad Politécnica de Cartagena

En 1980 las técnicas básicas de secuenciación de ADN –el orden de las cuatro letras o bases de sus larguísimas cadenas– permitieron dar un primer paso para conocer los mensajes que son necesarios para la vida. A partir de entonces el proceso de secuenciación de ADN fue haciéndose cada vez más automático, cada vez más rápido, barato y fiable.

En 1988 comenzó oficialmente el Proyecto del Genoma Humano y desde entonces los datos comenzaron a acumularse, millones de datos diarios, datos en principio indescifrables para nosotros. Una disciplina del saber aparentemente ajena a todo esto, comenzó a perfilarse como única esperanza posible de entender, descifrar, ordenar y utilizar esos datos: la Bioinformática.

BIOINFORMÁTICA. Gracias al Proyecto del Genoma Humano la tecnología se ha automatizado, y varias compañías se han dedicado a diseñar máquinas que permiten secuenciar con mínimos fallos. Muchos procesos manuales han sido automatizados gracias a ingeniosos robots que son capaces de extraer ADN de las bacterias en las que se clonan los fragmentos de ADN humano, o de cualquier otra especie que estemos secuenciando. Otros robots son capaces de obtener mues-

tras minúsculas y de preparar en un mínimo tiempo placas de 396 muestras. Y esas muestras son a su vez cargadas en otras placas donde se realizan las reacciones de secuenciación. Y otros robots permiten que toda esa información acabe en un terminal de ordenador en forma de letras ATGGGGGAG... así por millones. Muchísimos miles de muestras al día, con secuencias distintas de miles de bases.

Rápidamente se vio que el manejo de las muestras, la lectura de las secuencias, el asignar secuencia a número de muestra, etc., requería una serie de programas informáticos muy complejos de manejo de información. Son los programas de gestión de muestras y bases de datos. Y, también muy pronto, resultó obvio que todas esas letras, que codifican mensajes, que contienen zonas reguladoras, zonas sin mensaje, etc, debían de ser «anotadas» en bancos de datos de forma automática y ser públicas a través de Internet.

Pero, además de ello, los programas que anotan los genes en los bancos de datos son capaces de interpretar las secuencias que introducen. Este ha sido uno de los grandes éxitos de la Bioinformática: basándose en conocimientos empíricos producidos por miles de laboratorios se diseñaron programas de ordenador que leen las secuencias producidas a diario, y comparan cada secuencia con todas las previas existentes en los bancos de genes asignándole una función posible y anotándolo como tal. Si, por ejemplo, el fragmento x18976 de humano se parece al gen eyeless de la mosca Drosophila, el programa lo anotará como «x18976: secuencia parecida a eyeless de Drosophila». Dado que se están acumulando datos de forma logarítmica desde 1995 y parece que seguirá así hasta el 2020, podemos entender fácilmente que la potencia de los ordenadores y de los programas será el factor limitante del descubrimiento en lo que a genómica se refiere. De hecho ya lo son. Los programas de bioinformática de interpretación de resultados, han ido apareciendo de forma continua y en la mayoría de los casos de forma gratuita, accesibles en Internet. Pero en otros casos ha sido una manzana de la discordia.

CELERA GENOMICS. El científico Craig Venter fue uno de los iniciadores del proyecto del genoma humano. A principios de los años 90, propuso una estrategia alternativa a la oficial consistente en romper el genoma humano en trocitos o

clones mayores posibles, pero manejables, secuenciar todos los fragmentos, e intentar ordenar los clones o fragmentos uno respecto a otro, como en un puzzle, hasta reconstruir cromosomas completos. En realidad, Venter propuso dos estrategias: la primera era la de secuenciar los ARN mensajeros producidos, que son los que llevan información útil para construir proteínas. La segunda fue que en lugar de secuenciar primero cada clon para después hacer el rompecabezas, sería más fácil secuenciar sólo las puntas de cada clon y luego valerse de programas de bioinformática para unir el puzzle.

El resultado fue una serie de insultos por parte de los «santones oficiales» que decían que Venter proponía una estrategia para monos y no para personas. Venter abandonó el proyecto oficial, buscó apoyo empresarial y fundó Celera Genomics. Con la mejora de los algoritmos matemáticos necesarios para ensamblar correctamente el rompecabezas, en abril de 1999 ya dieron el primer campanazo, al anunciar que secuenciarían la mosca Drosophila, para «calentarse» ante el genoma humano. Los trataron de bocazas, pero en junio, ante el pasmo de los «santones oficiales», anunciaron que ¡en sólo 6 semanas habían secuenciado a Drosophila!. La reacción oficial fue la de escepticismo sobre la aplicación al genoma humano, lleno de zonas de ADN repetitivo, lo que pondría a prueba la capacidad de ensamblaje de los programas de ordenador. Todos sabemos cuál ha sido el final. Recientemente, el presidente de USA Bill Clinton, secundado por Tony Blair, dio por terminada esta lucha y presentó en rueda de prensa oficial a los representantes del Proyecto Genoma Humano y a Craig Venter, por parte de Celera. El Gobierno americano había convencido a ambas partes de que una cooperación permitiría una secuenciación más fiable y un beneficio mayor para la comunidad científica. Es obvio que las acusaciones anteriores sobre la capacidad mental de Venter y sus colegas estaban fuera de lugar.

FUTURO. Otro campo en el que la bioinformática se ha introducido con extremada fuerza ha sido en la de la modelización. Los modelos suelen surgir en una disciplina eminentemente experimental como la Biología, en aquellas áreas en las que es compleja la obtención de datos o su integración, como la creación de estructuras tridimensionales. El reconocimiento de dos estructuras entre sí es la

base de la vida. Las enzimas por ejemplo, reconocen los sustratos por una mezcla de atracciones físicas y conformaciones tridimensionales. Sin embargo, el llegar a saber la forma tridimensional de una macromolécula es una tarea dificilísima porque requiere la purificación total y cristalización de dicha molécula. Cómo se comenta en la noticia sobre BLUE GENE, las esperanzas en estos campos son muy grandes.

La bioinformática es lo que permite avanzar a la genómica. Este término se utiliza abusivamente, posiblemente por su alto valor de comercialización, pero no se debe aplicar a proyectos cuyo único mérito suele ser el utilizar alguna técnica de las que se utilizan en genómica. Los programas de genómica y proteómica se caracterizan por sus abordajes masivos. Ejemplos genómicos son la secuenciación de genomas completos, de fragmentos de ellos o la secuenciación de ARN mensajeros. Otro paso genómico es el del análisis genómico funcional, basado en la creación de mutantes de todos y cada uno de los genes de un organismo determinado, con el objeto de encontrar la función que cada gen puede desempeñar. En cuanto a los estudios de proteómica están basados en el análisis a larga escala, masivo, de interacciones entre proteínas, complejos proteicos y sus funciones.

BIOINFORMÁTICA EN CARTAGENA

Bajo el auspicio de la Universidad Politécnica de Cartagena, previas a las pasadas vacaciones estivales, se celebraron en Cartagena unas jornadas muy interesantes sobre bioinformática en las que numerosos expertos han examinado la situación actual y los previsibles logros futuros. En ellas se expuso cómo, en poco tiempo, hemos pasado de estudios ilustrados basados en hipótesis y que se podían resumir académicamente en la expresión «un gen Ë un doctorado» hasta otra situación que podríamos denominar como de «catetismo ilustrado»: no sabemos nada, partimos sin ninguna hipótesis, pero la capacidad de análisis de tantos datos como existen dan lugar a unas representaciones de lo que está pasando, que con abordajes ilustrados no podríamos obtener. Eso sí, gracias a la bioinformática que se encarga de analizar y destilar los datos.

BLUE GENE

IBM, el gigante de los ordenadores de USA, ha iniciado un gigantesco proyecto de un ordenador conocido como el BLUE GENE, cuya función será el «cristalizar», es decir, bien resolver la estructura tridimensional de una proteína de la que no tengamos un cristal. Según comentó Santiago Bollain, de IBM España, en las Primeras Jornadas de Bioinformática, celebradas en Cartagena, los cálculos necesarios para poder cristalizar virtualmente una proteína de 300 aminoácidos, son superiores al número de átomos del Universo (y un solo gramo de hidrógeno posee más de un billón de billones de átomos). La máquina BLUE GENE tardará un año en resolver cada estructura y este abordaje permitirá el diseño de drogas que se ajusten a las estructuras tridimensionales de proteínas blanco y, por tanto, tendremos en nuestras manos una gran herramienta para el diseño de fármacos eficientes.

GENÓMICA EN ESPAÑA

España se ha planteado la necesidad de lanzar proyectos propios de genómica por varias razones. La primera es que la cantidad de valor añadido creada en este tipo de proyectos suele estar muy por encima de lo que el inversor privado o público está acostumbrado. Y esto no sólo por los productos del proyecto como genes, conocimiento, y transferencia de tecnología sino por la formación de grupos de personal altamente cualificados, en disciplinas que la empresa privada necesita urgentemente y no encuentra en el mercado laboral. Dentro de los programas de genómica vigentes cabe destacar el liderado por Andrés Moya, de la Universidad de Valencia en el que se está secuenciando la bacteria Buchnera aphidicola, un endosimbionte de los afidios, y el proyecto en el que participó Pera Puigdomenech, del CSIC de Barcelona, con la secuenciación de Arabidopsis.

Medicina

© PACO HERNÁNDEZ

EL EFECTO MOZART

Transcurridos más de 200 años de la muerte del genial músico se descubrió, rodeado de polémica, el que se ha bautizado como «efecto Mozart», divulgado tras los sorprendentes resultados expuestos, por la psicóloga de la Universidad de Wisconsin, Frances Rauscher y el neurobiólogo Gordon Shaw, en 1993, en la revista Nature, respecto al efecto sobre el cerebro de la audición de la sonata para dos pianos en re mayor, K448, de Mozart. Ahora, hay más novedades al respecto.

Albert Einstein, que aparte de extraordinario científico era un experto mozartiano, había señalado que: «la sonata K448 es una de las más profundas y maduras de todas las composiciones escritas por el compositor». Según parece, acostumbraba a escucharla en sus momentos más creativos. El efecto se refiere a que grupos de estudiantes, después de haber escuchado durante 10 minutos la sonata, mejoraron temporalmente su razonamiento espacio temporal, en cuantías de 8 ó 9 puntos, medidos mediante pruebas objetivas de coeficientes intelectuales.

CEREBRO. Entonces, ¿la audición de esa sonata u otras posibles piezas musicales, mejoran los coeficientes intelectuales de los escuchantes, o al menos, algunas de sus actividades cerebrales?. La discusión no es baladí ya que interesa a uno de los debates más interesantes de la neurociencia contemporánea: el de la plasticidad cerebral. Las dos posturas extremas estarían representadas por los seleccionistas y los constructivistas. Los primeros sostienen que nuestro genoma deter-

mina las conexiones cerebrales y, por tanto, esencialmente, la capacidad intelectual del individuo está determinada desde el nacimiento. Los constructivistas sostienen que la actividad neuronal, tanto intelectual como motora, modula el desarrollo del cerebro sin un determinismo a priori. Para los primeros el medio ambiente ejerce su influencia en la ontogenia de la especie; para los segundos, en la filogenia. Posiblemente, el punto de equilibrio, y la razón, se encuentre en lo expuesto por Cajal en 1894: «el órgano del pensamiento es, dentro de ciertos límites, maleable y puede ser perfeccionado... por una bien estructurada gimnasia mental».

Dos años después de su primera investigación Rauscher y Shaw extendían sus hallazgos con investigaciones con 79 jóvenes que deberían averiguar la forma que tendrían unos pedazos de papel tras doblarlos y cortarlos de cierto modo. Tras obtener las respuestas, se dividieron en tres grupos, a los que se ofrecía, respectivamente, la sonata K448 de Mozart, una composición minimalista de Philip Glass, o silencio. Tras ello, se repetía la prueba. Los resultados mostraron que el grupo que había escuchado a Mozart acertaba un 62% más que la vez anterior, mientras que la mejora de los otros dos grupos se situaba en sólo un 10%.

El interés suscitado por estos hallazgos hizo que apareciesen numerosas iniciativas, sobre todo en Estados Unidos. En el Estado de Georgia, se les entrega a todas las nuevas madres una casete de música clásica. Lo mismo sucede en Dakota del Sur, Texas, y Tennessee. Otro regalo semejante, a todas las madres, hace la Academia Nacional Americana de las Artes y Ciencias. Y una reciente ley de Florida obliga que todos los niños con edades inferiores a cinco años escuchen en sus colegios 30 minutos diarios de música clásica.

De un modo paralelo y rápido también se ha desarrollado la conocida como Terapia Musical para el tratamiento de diversas enfermedades. Al último 9.º Congreso Mundial de Terapia Musical asistieron más de 2.500 participantes procedentes de 44 países del mundo.

CRÍTICAS. El médico francés Alfred Tomatis, que ha dedicado más de 50 años de su vida al estudio de los efectos fisiológicos del sonido fue quien usó por primera vez, en los 50, el término efecto Mozart que fue patentado poco después

por Don Campbell un controvertido escritor-psicólogo-terapeuta-educador musical. Con ese título de efecto Mozart, en 1997, escribió un libro, pronto convertido en gran éxito de ventas, con millones de ejemplares vendidos, traducido a 14 idiomas, además de 8 CD anexos, 5 para niños, 2 para bebés y 1 para el feto, antes de nacer. En muchas tiendas musicales se abrieron secciones especiales dedicadas a las ediciones específicas que varias compañías discográficas han realizado de composiciones a las que se les pretende adjudicar un cierto efecto Mozart. Lo cierto es que Campbell y lo que le rodea constituye, desde hace unos años, un verdadero imperio financiero muy rentable económicamente.

Mientras tanto, bastantes investigadores han mostrado su escepticismo respecto a la naturaleza y magnitud del efecto Mozart. Varios estudios de Iwaki y Larkin, publicados entre 1995 y 1999 sugieren que cualquier mejora temporal se debe más a un cambio de ánimo que a un aumento de actividad cerebral por la audición musical. Y, otros investigadores, como Steele y Newman, no fueron capaces de repetir los resultados positivos de Rauscher. Y, lo más significativo, fue el estudio realizado por Christopher Chabris, de la Harvard Medical School, publicado en 1999 en la revista Nature. Tras analizar 16 investigaciones previas concluía con la aseveración general de la inexistencia de mejoras estadísticamente significativas en los coeficientes intelectuales de los oyentes, concluyendo que «escuchar la música clásica es bueno para los niños, pero no porque los vayan a hacer más inteligentes».

NOVEDADES. En uno de los últimos números de la revista Journal of the Royal Society of Medicine el Dr. J. S. Jenkins ha realizado una excelente recapitulación respecto al efecto Mozart. El efecto Mozart existe, pero hay que delimitarlo y estudiarlo con más profundidad. He aquí algunos hechos recientes:

1. Usando ratas como animales de experimentación, tras escuchar la sonata K448, salieron más rápidamente de un laberinto que las expuestas a silencio o música minimalista; 2. En cuanto a niños, tras 6 meses de clases de piano y aprender a tocar melodías simples (incluyendo a Mozart), mostraron mejores resultados en las pruebas espacio-temporales que otros niños que dedicaron el mismo tiempo a los ordenadores; 3. No es la música de Mozart la única en producir esos efectos favorables. Algunas melodías contemporáneas también lo hacen, como ciertas

composiciones del músico griego-americano Yanni, cuya música «new age», analizada informáticamente, ha mostrado poseer una estructura similar a la de Mozart; 4. Las técnicas tomográficas y otras han mostrado que el cerebro humano utiliza diversas zonas para procesar la música. El ritmo y el tono tienden a procesarse en el lado izquierdo; el timbre y la melodía en el derecho. Las zonas que corresponden a tareas espacio-temporales se superponen a las musicales, por lo que el profesor Jenkins afirma que «la audición musical podría estimular la activación de las zonas cerebrales relacionadas con el razonamiento espacial»; 5. El principal y más claro efecto Mozart, con la sonata K448, es el de sus excelentes resultados al hacer disminuir la actividad epileptiforme en un gran número de pacientes con diversos grados de gravedad de episodios epilépticos; 6. ¿Cuál es el componente mágico del efecto Mozart? Los potentes análisis realizados informáticamente sobre la naturaleza de la música de varios compositores han mostrado que las que poseen propiedades sobre el razonamiento espacial o la epilepsia, como la de Mozart y Bach, tienen una «periodicidad de largo plazo», que no presenta el resto de música sin efecto Mozart. La periodicidad consiste en formas de ondas que se repiten regularmente, pero espaciadas.

En resumen. Hace falta profundizar científicamente más en las relaciones entre música y actividades cerebrales. Mientras tanto deleitémonos con la de Mozart y aconsejemos que hagan lo mismo nuestros futuros arquitectos, matemáticos, pilotos, controladores aéreos, jugadores de ajedrez, etcétera, cuyas habilidades espacio-temporales son esenciales.

EPILEPSIA

En algunos países europeos, como Gran Bretaña, una persona de cada 130 sufre epilepsia. Un estudio realizado sobre 39 pacientes con epilepsia severa, midiendo sus ondas cerebrales, reveló que la audición de la música de Mozart redujo significativamente la actividad epiléptica en 29 de ellos. En bastantes pacientes, la presencia de ondas epilépticas se redujo a la mitad de tiempo de duración. Al interrumpir la música la mayoría de los efectos favorables disminuyeron.

PERSISTENCIA

Por ahora, lo más llamativo del efecto Mozart es la disminución de los episodios epilépticos. Para comprobar también si se dan consecuencias a largo plazo a una niña de 8 años que sufría muy frecuentes episodios epilépticos durante todo el tiempo diario que estaba despierta se le hizo que escuchase la sonata K448 de Mozart durante 10 minutos cada hora. El número de episodios epilépticos se redujo desde 9 en las primeras 4 horas del primer día, a 1 en las últimas 4 horas del primer día, y dos en las 8 horas del segundo día.

SENSATEZ

Frances Rauscher, la investigadora y profesora de Psicología de la Universidad de Wisconsin-Oshkosh que realizó el primer estudio experimental en 1993 ha declarado estar escandalizada del grado de explotación comercial y exageración que se ha originado alrededor del efecto Mozart. E insiste en que en todas sus conferencias deja claro que no existe evidencia científica de que al escuchar algún tipo de música se incremente la inteligencia global, mientras que, por el contrario, sí parece establecida la mejora temporal de ciertas habilidades espacio-temporales.

SOÑAR DESPIERTOS

Aunque la narcolepsia continúa siendo una misteriosa enfermedad, los científicos están comenzando a descubrir sus secretos moleculares. Razones genéticas y ambientales podrían ser las causas de las amplias variaciones de su incidencia, con valores relativamente tan elevados como en Japón (un afectado por cada 600 personas) o tan bajos como en Israel (uno por 500.000), aunque lo usual es que se dé alrededor de un caso por cada 1.000 personas.

Ello significa incidencias mitad que la de la esclerosis múltiple, un cuarto que la enfermedad de Parkinson o cinco veces como la fibrosis cística. Sus primeros síntomas suelen darse al final de la adolescencia, empeoran durante unos años y, después, se estabilizan. Imprevistamente, el paciente narcoléptico puede caer al suelo, incapaz de moverse, aunque escucha y siente todo lo que ocurre alrededor, pero está imposibilitado para hablar. Tras un periodo de tiempo variable, desde unos pocos segundos hasta más de media hora, todo retorna a la normalidad, terminando el suceso tan rápidamente como empezó. Los factores desencadenantes son muy variables: risas, bochorno, contacto con extraños, angustia, ejercicio físico e, incluso, actividad sexual.

SUEÑO. El síntoma más característico de la narcolepsia es la persistente somnolencia diurna de sus sufridores. Ellos viven continuamente la misma sensación que tiene una persona normal tras 48 horas seguidas de vela, pero su problema es que, a pesar de ello, no son capaces de disfrutar de un largo sueño reparador

nocturno. Aunque una breve siesta o periodo de sueño parece despejarles, sin embargo, pronto retorna la somnolencia. Otra peculiaridad es su frecuente incapacidad para poder moverse inmediatamente tras caer dormidos o de despertarse. Y también son frecuentes las alucinaciones hipnagógicas, literalmente el soñar despierto, es decir, tener experiencias como las de soñar, pero sin estar dormido.

En las personas normales el ciclo de sueño consta de fases REM (Rapid Eye Movement: movimientos rápidos oculares) y de fases no-REM. El sueño se inicia con una fase no-REM, en la que músculos están relajados, pero mantienen algún tono, la respiración es regular, el consumo energético cerebral es mínimo, y la corteza cerebral genera ondas de alto voltaje. Unos 90 minutos más tarde se penetra en la fase REM, en la que la respiración y el ritmo cardíaco son más irregulares y tiene lugar un típico y rápido movimiento de los ojos. El metabolismo cerebral se acrecienta, incluso a niveles superiores a los existentes en estado de vela, la corteza cerebral origina ondas de bajo voltaje, irregulares y rápidas, siendo acompañado todo ello de sueños muy vívidos.

La narcolepsia parece estar asociada a una desregulación de las fases REM y no-REM, de modo que los narcolépticos suelen pasar inmediatamente, con muy poca pausa, de la fase inicial no-REM a la REM. Esta intensificación de las características de la fase REM sería también la responsable del fenómeno de sus alucinaciones hipnagógicas.

NEURONAS. ¿Existe alguna alteración neuronal relacionada con la narcolepsia?. Ya, en 1970, se había observado la existencia de perros Doberman y Labrador narcolépticos, transmitiéndose la enfermedad de un modo recesivo. Entre las investigaciones realizadas al respecto destacan del Profesor de Psiquiatría Jerome M. Segel, de la Universidad de California. Focalizó su atención en una región del tronco cerebral conocida como médula medial, encontrando una anormal alta actividad en la misma durante los ataques catapléxicos, lo que concordaba con el hecho de que en las personas y animales normales las neuronas de esa misma región son las más activadas durante las fases REM, fase en la que se pierde el tono muscular. También localizó otra zona implicada en el proceso, denominada locus coeroleus ubicada, asimismo, en el tronco cerebral y muy rica en neuronas que utilizan el neurotransmi-

sor noradrenalina (los neurotransmisores son sustancias químicas que establecen contactos entre neuronas diferentes). En los individuos normales esas neuronas son activas durante la vela e inactivas durante la fase REM del sueño. En los perros narcolépticos se encontró que, a pesar de estar despiertos, durante los episodios catapléxicos, tales neuronas estaban totalmente inactivadas. Recientemente, otros investigadores han logrado identificar el gen cuya mutación es responsable de la narcolepsia canina. Ese gen es el que codifica la molécula receptora de un determinado neurotransmisor de nombre hipocretina o, también, orexina. En otros animales se ha comprobado que la situación es similar.

La hipocretina/orexina se produce en la profunda región cerebral del hipotálamo, por neuronas que se conectan a otras, causantes del despertar, tales como algunas en el tronco cerebral y cerebro anterior, que liberan el neurotransmisor acetilcolina, así como también se conectan a otras neuronas productoras de histamina y serotonina. Las conexiones también se extienden a las neuronas del tronco cerebral localizadas en el locus coeruleus, que representan un papel primordial en el control del tono muscular. En los seres humanos la causa de la narcolepsia estaría ligada también al deterioro del sistema receptor de la hipocretina/orexina, pero las causas del deterioro parece que no poseen componente genético sino que radicarían en factores ambientales.

AUTOINMUNIDAD. Algunos científicos japoneses han sugerido la existencia de una relación entre esos agentes ambientales, desconocidos por ahora, y el desarrollo de una reacción autoinmune que daña determinadas neuronas cerebrales que controlan los procesos de vigilia y de regulación del tono muscular. Por ejemplo, encontraron que 135 japoneses narcolépticos presentaban una misma característica común en todos ellos que, sin embargo, sólo era compartida en un 35% del resto de personas normales. Se trataba de una misma molécula, una de las HLA (Human Leukocyte Antigens). Recuérdese que en los trasplantes el poseer un perfil HLA más parecido entre donante y receptor lo evita el fenómeno de rechace inmunológico. De modo semejante, ciertas enfermedades autoinmunes tienden a cebarse sobre personas que poseen una determinada tipología HLA, posiblemente porque estos tipos HLA se unen a determinados antígenos (los

hipotéticos factores ambientales desencadenantes) y el resultado final es una confusión del sistema inmune, que ataca y daña a las células normales, en este caso a las neuronas con el receptor hipocretina/orexina.

El equipo del profesor Segel ha confirmado que ello ocurre en los perros narcolépticos, con una degeneración neuronal de tipo temporal, no permanente, más pronunciada en la amígdala (región cerebral relacionada con la emoción y la inducción del sueño) y en otras zonas cercanas lo que, posiblemente, provoca la desregulación de otros circuitos cerebrales no dañados, lo que se traduce en la serie de consecuencias que caracterizan la narcolepsia.

Queda mucho por investigar y descubrir, pero los conocimientos existentes ya se están traduciendo en actuaciones terapéuticas como el uso de ciertos activadores de estimulantes de receptores y de neuronas mediadas por la hipocretina/orexina.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Varias enfermedades ocasionadas por hongos (Fusarium Oxysporum) y bacterias (Erwinia Carotovoray) han afectado estos últimos años al agave mexicano, materia prima para la obtención del tequila. Ello ha hecho que una tonelada de agave costase en 1996 unos 25 dólares, mientras que a principios del año 2000 se cotizaba a 2.000 dólares. Para solucionar el problema los biotecnólogos agrícolas mejicanos han clonado la planta y la han hecho genéticamente resistente a esas enfermedades. Los estudios de resistencia en condiciones de campo los están finalizando y dentro de muy pocos meses van a repartir, para su siembra, las correspondientes plantas a los agricultores.

RONQUIDOS FEMENINOS

Hace algún tiempo se estableció en los varones la relación entre el roncar y los problemas cardíacos. Ahora, una investigación realizada sobre unas 72.000 mujeres durante 8 años, publicada en la revista oficial de los cardiólogos americanos,

extiende también esa relación a las mujeres. Según los investigadores del prestigioso Hospital Universitario Brigham and Women de Boston, las mujeres que suelen roncar presentan un riesgo de desarrollar problemas cardiovasculares un 33% superior que las no roncadoras, reduciéndose la cifra al 20% para las roncadoras ocasionales.

ALZHEIMER

Las mujeres sometidas a terapia hormonal de estrógenos tras la menopausia es sabido que reducen su riesgo de contraer la enfermedad de Alzheimer. Recientemente, se acaba de publicar una investigación experimental realizada sobre células nerviosas que indican que un mayor nivel de testosterona también podría proteger similarmente a los varones de edad. Al igual que los estrógenos se reducen en la menopausia femenina en el caso de los varones también decrecen con la edad sus niveles de testosterona. En la investigación comentada, publicada en PNAS, los cultivos neuronales, con la adición de unas u otras hormonas sufrieron una reducción del 30-40% en la producción de la proteína amiloidea que se acumula en los casos de Alzheimer.

SIDA: LA CONTROVERSIA DUESBERG

Inaugurada hace unos días, en Durban, Sudáfrica, se está desarrollando la XIII Conferencia Internacional sobre el SIDA, cuyo comienzo quedó marcado por la renacida polémica sobre las ideas del Dr. Duesberg y seguidores, que niegan la existencia de una evidencia clara de que el virus de la inmunodeficiencia humana, VIH, es la causa del SIDA.

Las declaraciones al respecto del presidente sudafricano Thabo Mbeki y de su Consejo Asesor sobre el SIDA han sido ambiguas y para contrarrestarlas, se elaboró la llamada Declaración de Durban, con más de 5.000 firmantes, la mayoría de ellos notables científicos, para reafirmar la relación causa-efecto entre VIH y SIDA.

Pero, ¿existen dudas razonables sobre ello, ahora, cuando casi se cumplen los 20 años del reconocimiento del SIDA y los 17 años del descubrimiento del VIH?. Esta pregunta es muy importante y del sentido de su contestación dependerán las estrategias futuras de la lucha contra el SIDA y sus resultados. No olvidemos que las cifras nos hablan de que ya son más de 33 millones de adultos y 1,3 millones de niños los que viven en el mundo con VIH o con SIDA. De ellos, más de 24 millones se localizan en el África subsahariana. El pasado año 1999 murieron casi 3 millones de personas víctimas del SIDA, la mayor cifra desde el comienzo de la epidemia. Y si las tendencias actuales continúan, los próximos 20 años serán trágicos en el sur y sureste asiático, en América Latina y en la geografía de lo que fue la Unión Soviética.

DUESBERG. ¿Quién es el Dr. Duesberg?. ¿Un lunático?. ¿Un fanático?. ¿Un mal científico?. No parece así. Peter Duesberg, nacido en Alemania en 1936, es médico y profesor de Biología Molecular y Celular en la prestigiosa Universidad de California, en Berkeley. A lo largo de su trabajo sobre retrovirus (tipo de virus al que pertenece el VIH), fue el primer científico que, en 1970, aisló un gen canceroso y mapeó la estructura genética de alguno de esos virus. En 1986 fue elegido miembro de la Academia Nacional de Ciencias Americana.

Robert C. Gallo, el mundialmente conocido gran especialista sobre el SIDA y codescubridor, con el francés Montagnier, del VIH, en una presentación científica realizada en 1984, antes del comienzo de la polémica, se refería a Duesberg como gran amigo y extraordinario científico, de excepcional energía, honestidad poco usual y raro sentido crítico. Kary Mullis, virólogo, fue Premio Nobel de Química por inventar la técnica abreviada con el nombre de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), que revolucionó el campo de la Biología Molecular y permitió sus diversos y rápidos desarrollos, entre ellos el del ADN recombinante y el del propio Proyecto Genoma Humano. Mullis, que estaba de acuerdo con muchas de las ideas de Duesberg, le prologó su principal libro, publicado en 1996, «Inventando el virus del sida», escribiendo en el mismo que la hipótesis de VIH/SIDA era un error infernal.

El Dr. Duesberg recientemente presentó un amplio informe al Consejo Asesor sobre el SIDA de Sudáfrica (en la Web: www.duesberg.com), dando argumentos para sus ideas de que las características del SIDA americano y europeo no son las que corresponden a la infección por un virus, sino a factores químicos o físicos no contagiosos, entre los que sitúan, en lugar destacado, las drogas de consumo e, incluso, el propio AZT. En cuanto al SIDA africano, también lo achaca a factores nutricionales o ambientales, sin considerarla una enfermedad clínicamente específica, sino un conjunto resultante de otras previamente conocidas.

RESPUESTAS. Aunque los debates respecto a esta polémica se arrastran desde hace varios años, la actual Cumbre sudafricana ha vuelto a reavivarla, aunque hay que aclarar que la inmensa mayoría del mundo científico competente y de los especialistas internacionales sobre el SIDA no tienen dudas respecto a la relación causa/efecto existente entre VIH y SIDA. La DECLARACIÓN DE DURBAN

así lo atestigua, y ha sido firmada por los científicos, médicos y representantes cualificados de todas las organizaciones mundiales líderes en la investigación médica y científica, así como por los de las organizaciones gubernamentales que luchan contra el SIDA. Y de un gran interés es que también haya sido apoyada por cerca de 400 expertos en salud y ministros de Sanidad de numerosos países africanos, asiáticos y del mundo en desarrollo.

Los responsables del documento han indicado que esta amplia e importante respuesta internacional era necesaria, a fin de tratar de evitar las nefastas consecuencias que significaría un trágico retraso en el tratamiento adecuado de los pacientes afectados, por lo que seguir negando las claras, exhaustivas y nada ambiguas pruebas existentes al respecto sólo serviría para perder un incontable número de vidas humanas.

DECLARACIÓN. Aunque existan aspectos puntuales aún oscuros, las evidencias médicas de que el VIH es la causa del SIDA son múltiples, y una amplia y actualizada exposición de las mismas se ha realizado por los Institutos de la Salud americanos (en la Web: www.niaid.nih.gov/factsheets/evidhiv.htm). La DECLARACIÓN DE DURBAN es escueta y comienza con el recuerdo de la importancia estadística de la enfermedad, afirmando que el VIH-1, responsable de la pandemia de SIDA, es un retrovirus íntimamente relacionado con el virus de inmunodeficiencia simio, VIS, que infecta a los chimpancés. El VIH-2, que es prevalente en el África Occidental y que ha saltado a Europa y la India, es casi indistinguible también de otro VIS, que infecta a un cierto tipo de monos. Aunque primeramente el VIH-1 y VIH-2 aparecieron como zoonosis, es decir, infección transmitida desde animales a humanos, ahora ambos se han adaptado y se transmiten en los humanos por varios mecanismos: contacto sexual, de madre a hijo y a través de sangre contaminada.

La Declaración también afirma que las razones que avalan que los VIH-1 y VIH-2 son la causa del SIDA tienen el máximo de valor científico contrastable posible y relata una serie amplia de ellas, de la que sólo resumiremos algunas: a) Los pacientes con SIDA, independientemente de dónde vivan, siempre están infectados con VIH; b) Las personas infectadas con VIH si no se tratan, al cabo de un tiempo variable (5-10 años) terminan desarrollando SIDA; c) Las personas que

reciben productos sanguíneos contaminados con VIH desarrollan la enfermedad, en contraste con las personas no contaminadas; d) La mayoría de los niños que desarrollan SIDA son hijos de madres infectadas con VIH. El riesgo es mayor cuando la carga viral materna es mayor; e) Los fármacos que en el laboratorio bloquean la replicación de los VIH en las personas retrasan o anulan la aparición del SIDA. Y así una larga lista de evidencias.

Entonces ¿qué sucede con las razones aducidas por los seguidores de Duesberg? Que aunque existan aspectos puntuales del fenómeno que no comprendemos, lo más correcto es rechazar las posturas extremas descalificadoras y reconocer que, partiendo del VIH como causa del SIDA, hace falta seguir investigando más para conocer con detalle los intrincados y extraños mecanismos que conducen hasta la manifestación clínica de SIDA.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

La costumbre de tomar suplementos y aditivos naturales de origen vegetal para prevenir o curar enfermedades se extiende a gran velocidad y hay que ser precavidos al respecto. Deben existir bases experimentales y no sólo modas. Ahora, en Estados Unidos, se extiende la del consumo de aceite de lino, que contiene una alta proporción de ácido alfa-linolénico, al que se le achacan reducir los lípidos, prevenir el cáncer y mejorar el sistema inmune. Pero, aunque ello ocurre en ratas y ratones, no está aún demostrado que suceda también en humanos, aparte de que su capacidad de oxidarse con el aire es tan alta que deberían estudiarse los efectos posibles de los productos de la oxidación.

GENOMA DEL ARROZ

La importancia mundial que tiene el arroz como alimento ha hecho que científicos de diez países diferentes hayan unido sus esfuerzos para determinar la secuencia genómica completa del genoma del arroz. Uno de los principales pro-

blemas que dificulta enormemente la tecnología de la secuenciación de los genomas vegetales es que una gran proporción del ADN consiste en series de secuencias repetidas denominadas transposones. En el caso del arroz ese porcentaje es pequeño (10%), por lo que se espera tenerlo secuenciado en breve.

SONDA ESPACIAL RESUCITADA

La Deep Space 1 (Espacio Profundo 1) es una sonda espacial con tecnologías futuristas, entre ellas un motor de propulsión iónica. El pasado mes de noviembre sufrió importantes fallos en su sistema de rastreo de estrellas, y en la pasada primavera se consideró finalizada su misión. Actualmente, se encuentra a una distancia de la Tierra más del doble que la que nos separa del Sol. Pero los científicos de la NASA han sido capaces de revitalizarla y le han encomendado una nueva importante misión: encontrarse en septiembre del año 2001 con el cometa Borrelly a fin de estudiar sus características.

DIABETES: ESPERANZAS

Recientemente, se celebró en París el Congreso Internacional de la Sociedad de la Dispensación Controlada, una importante sociedad científica que cubre todos los ámbitos alternativos a las formas clásicas de suministro de medicamentos. Durante 5 días más de 1.500 de los mejores especialistas mundiales en las nuevas técnicas conocieron los avances en nuevas revolucionarias técnicas que van a transformar el panorama farmacológico y biomédico en los próximos años.

La diabetes ocupó un puesto muy importante. No en vano, cualquier mejora a la situación actual podría aliviar la de los más de 150 millones de diabéticos dependientes de insulina existentes en el mundo que están pendientes del suministro inyectado de la hormona varias veces al día. Muchas personas asocian con gran exclusividad los términos diabetes, insulina y azúcar (glucosa, hidratos de carbono).

DIABETES. En realidad, la situación es más compleja. La causa de la diabetes mellitus dependiente de insulina suele ser una lesión irreversible de las células pancreáticas productoras de la hormona insulina, originada por causas variadas: factores genéticos, infecciones virales, respuestas inmunológicas, etcétera. La consiguiente falta de insulina provoca un fallo general del metabolismo, ya que ello hace que el metabolismo se adapte al consumo de ácidos grasos y de cuerpos cetónicos, incluso cuando hay glucosa disponible. La poca captación y consumo

de glucosa provoca su elevación en la sangre, una hiperglucemia constante, con efectos adversos importantes como la glucosilación de la hemoglobina (lo que afectará a su función oxigenante) o la aparición de cataratas.

También se estimula el catabolismo de los depósitos de glucógeno hepáticos, liberando más glucosa en el hígado. Y para mayor complicación se incrementa la formación de glucosa hepática a partir de otras moléculas precursoras. El resultado final es una superdotación hepática de glucosa, lo que se transforma en una hiperglucemia. Y los efectos sobre el metabolismo graso llevan a una acumulación de cuerpos cetónicos en la sangre y a la situación de cetosis. Ello facilita su paso a la orina y, por un efecto osmótico, la salida de grandes cantidades de agua (poliuria), con el peligro de deshidratación. Todos esos desequilibrios metabólicos, si no son corregidos llevan a adelgazamiento, debilitamiento e incluso shock mortal. Desde que se descubrió la insulina y se generalizó su uso se ha rebajado la mortalidad del coma cetónico asociada a la diabetes desde el 50% al 1%. Sin embargo, la enfermedad presenta una serie de importantes complicaciones a largo plazo, debido principalmente a que el suministro de la insulina no responde a las pautas fisiológicas de su liberación pancreática, tal como sucede en las personas sanas, sino a suministros intermitentes y difíciles de dosificar.

ALTERNATIVAS. Para evitar las peligrosas fluctuaciones que conducen a estados peligrosos de hiperglucemia o de hipoglucemia diversos grupos investigadores están abordando el problema bajo nuevas perspectivas que, en algunos casos, ya han dado lugar a resultados preliminares que permiten calificar de esperanzador el futuro del control insulínico de la diabetes. Vamos a exponer algunos de ellos dejando aparte otras posibilidades también en progreso como el de trasplante de órganos o la ingeniería genética, incluyéndoles el gen de la insulina, de células precursoras del propio paciente, posteriormente trasplantadas en sus hígados.

Comenzaremos comentando el trabajo del equipo del Dr. Steiner, de la empresa americana Pharmaceutical Discovery Corporation, quien ya ha realizado experiencias clínicas sobre más de una docena de pacientes que inhalan con un aerosol, hasta sus pulmones, una nube de finas partículas de unas 2 micras (1 micra

es una milésima parte de 1 milímetro) de diámetro conteniendo la hormona dispersada. La insulina, tras alcanzar los pulmones, se disuelve rápidamente y pasa directamente a la sangre, alcanzando su respuesta o pico de concentración en la quinta parte de tiempo que con las alternativas actuales de suministro, lo que ayudaría a evitar las situaciones de riesgo de hiperglucemias.

Otra alternativa prometedora se ha ensayado sobre diez personas en otra investigación llevada a cabo por científicos de la empresa Altea Development Corporation de Atlanta, EE.UU. Consiste en un parche que se coloca en la piel y está basado en un proceso térmico capaz de originar en la piel un sistema de microporos de 50 a 150 micras de diámetro que penetran las capas externas de la piel. Mediante una corriente eléctrica controlada se consigue la liberación de la insulina del parche y su paso a través de esos poros en la piel. Ello ocurre en un proceso indoloro y con una duración mínima, de milisegundos. Si se corta la corriente deja de pasar la insulina. Los efectos sobre los niveles de glucemia son inmediatos pudiéndose alcanzar inmediatamente los mismos efectos que se darían, retardadamente, con el suministro de varias dosis sucesivas inyectadas de insulina.

POLÍMEROS. Indudablemente una buena solución práctica sería la de poder tomar la insulina de modo semejante a una aspirina, mediante una tableta. ¿Por qué no ha sido ello posible hasta ahora?. Porque la insulina es una proteína, por lo que una vez ingerida le pasaría lo mismo que al resto de proteínas que tomamos en la dieta: las enzimas digestivas las atacan y las hidrolizan, absorbiéndose en el intestino no las proteínas sino sus componentes individuales, los aminoácidos, carentes de las actividades biológicas de sus proteínas originarias. Para intentar resolver el problema el grupo de Andreas Bernkop-Schnürch, de la Universidad de Viena, están construyendo unas cápsulas de 2 miligramos, a base de un polímero capaz de transportar y proteger la insulina a lo largo del tracto digestivo, ya que externamente se recubre de inhibidores de las enzimas proteolíticas digestivas. Al llegar las cápsulas al intestino se facilita, además, la transferencia de la insulina a través de las células epiteliales intestinales para que alcancen rápidamente la circulación sanguínea. Probado el sistema en ratones diabéticos, su nivel de glucemia descendió un 30-40% y el descenso de la glucemia era aún perceptible a las 80 horas de la administración de las tabletas poliméricas.

Y hasta tanto estas alternativas no sean realidades prácticas otra posibilidad más inmediata podría ser la analizada por la compañía francesa, de Vénissieux, Flamel Technologies. Según el Dr. Christian Bloy, se trata de la asociación de la insulina inyectable con unas nanopartículas poliméricas. Ello no evita la necesidad de la inyección, pero ofrece la ventaja de mantener los niveles de glucemia casi constantes durante unas 24 horas, debido a su lenta liberación desde el polímero. Hasta ahora las pruebas se han realizado sobre 16 personas sanas voluntarias y los resultados obtenidos han sido calificados de muy buenos.

Por tanto, con suma prudencia, para no levantar falsas expectativas inmediatas, se puede adelantar que la investigación científica indica un futuro teñido de esperanza para los cientos de millones de diabéticos dependientes de insulina que existen en el mundo.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Desde hace unos años encontramos recomendaciones sobre la conveniencia de tomar suplementos de zinc en la dieta, comercializándose grageas que contienen compuestos de zinc a los que se les achaca propiedades positivas anticatarrales. En la revista Annals of Internal Medicine acaba de publicarse una nueva investigación para aclarar la situación existente en la que 5 estudios anteriores indicaban beneficios y otros 5 estudios no. La investigación que comentamos, realizada sobre 48 voluntarios, señala la existencia de una reducción significativa de los síntomas en las personas que tomaron, cada dos o tres horas, una pastilla que contenía 12,8 mg de acetato de zinc, comparados con los controles a los que se les dio un placebo.

ENFERMEDAD AUTOINMUNE

La diabetes mellitus dependiente de insulina en un buen número de casos se origina por un ataque autoinmunitario, realizado por los linfocitos Tk, sobre las células beta, productoras de insulina, de los islotes de Langerhans, dispersas por

todo el páncreas. Al destruirse las células deja de fabricarse la insulina. La enfermedad se incuba silenciosamente, incluso durante años, en los que va ocurriendo la destrucción progresiva. Los síntomas aparecen, normalmente antes de los 30 años, cuando ya se han destruido el 80% de esas células. ¿Por qué se produce el ataque?. Posiblemente por un mimetismo molecular que pretende destruir un antígeno peligroso. Recientemente, se están haciendo progresos para conocer las proteínas y genes de las células pancreáticas responsables de la activación autoinmune, destacando el papel del gen de la proteína glutamato deshidrogenasa. En el futuro ello significará el desarrollo de posibilidades terapéuticas más tempranas.

NUEVO TELESCOPIO

Se denomina primera luz de un telescopio el momento de su puesta en funcionamiento para realizar la primera observación. Ello acaba de ocurrir en Chile, en el Observatorio Carnegie del hemisferio Sur, con uno de sus dos telescopios gemelos Magallanes, de 6,5 m de diámetro, cuya construcción ha financiado un consorcio americano de instituciones y universidades. La primera observación se hizo sobre la aglomeración estelar conocida como NGC 6809, situada a 20.000 años-luz de la tierra. Las excelencias del nuevo instrumento permitirán investigar los confines del Universo.

ASMA Y ALERGIAS: ¿UNA EPIDEMIA?

Las enfermedades alérgicas más conocidas son asma, eczemas y fiebre del heno. Las más graves son las dos primeras. El asma se puede considerar ya como epidémico, pues afecta a más de 160 millones de personas en el mundo. En países como el Reino Unido o Australia se ha comprobado que en niños menores de 14 años uno de cada cuatro presenta asma y uno de cada cinco tiene eczema. El eczema afecta a más del 15% de los niños de los países occidentales. Y se sabe que, actualmente, aproximadamente, la mitad de la población occidental muestra sensibilización hacia más de un alergeno ambiental.

Pero recordemos que la alergia más conocida hoy día, la «fiebre del heno», fue descrita por primera vez, en 1819, por John Bostock como catarro estival, siendo en 1873 cuando Charles Blackley descubrió que estaba causada por los granos de polen. Pues bien, en la época de Bostock y Blackley era tan sólo un raro desorden que se daba en las clases privilegiadas. ¿Qué ha ocurrido para que en menos de 200 años estas enfermedades se hayan extendido y continúen extendiéndose a gran velocidad, de un modo bastante paralelo al grado de desarrollo de los países afectados?.

CONSECUENCIAS. Las alergias son desórdenes inmunológicos. En las personas sanas el sistema inmune encuentra el equilibrio entre la máxima protección hacia una invasión externa indeseada (virus, bacterias, proteínas extrañas, etc.) y

el mínimo daño a sus sistemas internos. En las enfermedades alérgicas ese balance se desequilibra y los efectos adversos se expresan en forma de un incremento de prevalencia, morbilidad y de mortalidad.

Las enfermedades alérgicas afectan a las personas de modo muy diferente y el costo de la lucha contra ellas es importante. El mercado de la industria farmacéutica de medicamentos antiasmáticos supera los 5.500 millones de dólares anuales. Respecto a los costos globales de tratamientos, la mitad corresponden a los de tipo hospitalario, con la característica que el 20% de los pacientes más crónicos consumen el 80% de todos los gastos. En Estados Unidos ello representa más de 6.000 millones de dólares anuales, seguido de Alemania (3.000 millones) y del Reino Unido (1.600 millones).

Aunque las enfermedades alérgicas afecten a las personas de modo diferente, muchas de sus características son comunes y en los últimos años se ha avanzado enormemente en el conocimiento molecular sobre cómo los diferentes antígenos, a través de complicados sistemas y mecanismos en los que participan ciertos linfocitos B, ciertos linfocitos T, y decenas de moléculas y complejos como el CD23, provocan la respuesta de la producción de inmunoglobinas E específicas, que median las subsiguientes consecuencias, tales como las inflamatorias. Este conocimiento, aún incompleto, está ayudando al diseño y descubrimiento de nuevos medicamentos antialérgicos más específicos.

CAUSAS. En general, el desarrollo de las enfermedades alérgicas depende de muchos factores, tanto genéticos como ambientales, como consecuencia de una serie de acontecimientos, de los que algunos se localizan muy tempranamente, incluso coincidentes con el desarrollo fetal. Las investigaciones sobre gemelos univitelinos y los progresos de la Biología Molecular (Proyecto Genoma Humano) han permitido establecer algunas bases sobre la relevancia de algunos genes y regiones genéticas en el proceso.

Lo cierto es que, como indicábamos anteriormente, cada vez parece más esencial para lo que sucederá posteriormente el papel del sistema inmunológico de la unidad materno-fetal en las relaciones entre la madre y el feto, así como los estímulos inmunológicos del niño durante sus primeros cinco años de vida.

Todos sabemos que en el pensamiento popular el asma es el resultado de la contaminación del aire. Y no hay duda de que la contaminación del aire con ozono y variadísimas partículas puede incrementar el asma preexistente e incluso provocar su ingreso hospitalario. Pero no es menos cierto que en bastantes países occidentales la contaminación ha disminuido mucho mientras que simultáneamente la prevalencia del asma ha aumentado.

Por todo ello, es de gran interés que en el último número de la revista Respiratory Journal se hagan públicos los resultados del primer gran estudio mundial, realizado por el European Community Respiratory Health Survey, sobre la prevalencia del asma y la alergia y sus posibles causas.

INVESTIGACIÓN. El estudio se ha realizado sobre 140.000 personas, mitad hombres y mitad mujeres, de entre 20 y 44 años, cubriendo prácticamente todos los países de la Unión Europea, aparte de otra información adicional procedente de Islandia, Estonia, Suiza, Argelia, India, Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos, participando un total de 48 grandes centros, repartidos entre 22 países.

Entre las conclusiones principales está la constatación de la existencia de grandes variaciones en la prevalencia, dependiendo de la ubicación geográfica. Por ejemplo, los porcentajes para el asma variaron en un factor de 6 (desde el 2% al 12% de la población), los de la rinitis alérgica en un factor de 4 (del 10% al 40%) y la hiperactividad bronquial en un factor de 8 (del 3,5% al 28%). En general, la prevalencia de asma y alergia es mayor en las zonas de habla inglesa (Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Irlanda y Reino Unido) y menor en los países mediterráneos y en Islandia, Este de Europa e India.

Para Christer Janson, uno de los responsables de la investigación, el mensaje parece claro: «El hecho de que actualmente existan estas variaciones geográficas indica que, por algunas razones, el asma se ha desarrollado más rápidamente en algunos países que en otros. Ello sugiere que estas diferencias probablemente no están relacionadas con las diferencias genéticas sino que lo están con algunos factores ambientales, no solamente la contaminación, sino en otros, como los alimentos, que la gente ingiere o, también, en el modo de vida que desarrolla. Ello promovería una mayor prevalencia del asma en algunos lugares y no en otros».

¿Cuáles son estos factores?. Para descubrirlos ha comenzado una segunda parte de la investigación que durará 10 años. Algunas sospechas se centran en los hábitos higiénicos, en las infecciones (algunas protegen contra ciertas alergias, otras favorecen el asma), los hábitos de comida, y los ambientes urbanos o rurales. La excesiva protección higiénica de los niños durante su primera etapa de la vida parece que puede producir carencias en el desarrollo temprano de su sistema inmunológico, que se traducen en problemas posteriores en la adolescencia o edad adulta. Y, parece claro, que los alergenos relacionados con el entorno tales como ácaros o pelos de animales domésticos son los más activos en potenciar el desarrollo del asma. Incluso el clima parece participar, de modo que existe menor asma en los países más soleados, mientras que los riesgos se incrementan en las regiones marítimas. En todo caso, el problema de las alergias es tan general que hace necesario un gran esfuerzo investigador en este campo.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Existen muchos datos estadísticos, pero pocas investigaciones demostrativas, sobre las posibles relaciones entre costumbres alimentarias y asma. En el último número de la revista Thorax, se publica otro estudio epidemiológico estadístico sobre la alta prevalencia de asma, un 20 %, en niños de 3-5 años en dos ciudades australianas. El riesgo aumentaba si se tenía un pariente asmático, si se habían sufrido infecciones respiratorias antes de los dos años de edad o si la dieta era alta en grasas poliinsaturadas. Por el contrario, disminuía si la lactancia había sido materna o si se tenían 3 o más hermanos.

GLUCOSA: LA CLAVE

Investigadores del Diana-Farber Cancer Institute publican en el último número de la revista Nature los resultados de una importante investigación en la que demuestran que han encontrado la molécula clave en la regulación del metabo-

lismo hepático de la glucosa: la proteína PGC-1. Esta proteína, que es un «coactivador de la transcripción», es la que regula la acción de la insulina y otras hormonas. Ello abre la posibilidad futura de encontrar moléculas que bloqueen a PGC-1 e impidan la sobreproducción de glucosa que ocurre, por ejemplo, en muchos casos de diabetes.

CABALLOS

Los caballos permanecen erguidos mayor tiempo que los demás animales. Por ello mucha gente cree que son capaces de dormir en esta posición. ¿Es ello así?. La profesora veterinaria Dra. Catherine Houpt de la Facultad de Veterinaria de Cornell, en EE.UU., ha estudiado el tema concluyendo que el verdadero sueño, que tiene lugar en las fases REM, ocurre sólo en la posición de tendidos, aunque sea en periodos de tiempo limitados. En el caso de las manadas de caballos salvajes, cuando están tendidos, durmiendo, uno de ellos suele permanecer erguido, de guardia.

© PACO HERNÁNDEZ

Besos con virus

BESOS CON VIRUS

Se calcula que hasta un 95% de los seres humanos somos portadores de este virus. Una vez alojado en nuestro cuerpo permanece emboscado en las células linfocitarias por el resto de nuestras vidas. Se le considera causante de patologías de diversa gravedad que van desde la mononucleosis infecciosa, el síndrome de la fatiga crónica, hasta cánceres como el linfoma de Burkitt o el carcinoma nasofaríngeo. Y contra el mismo no existen aún tratamientos específicos ni vacunas eficaces. Se trata del virus Epstein-Barr o virus EB.

Su nombre se debe a sus descubridores, los científicos británicos M. A. Epstein, Y. M. Barr y B. G. Achong. Es un herpes virus parecido al del resfriado, y se transmite principalmente por contacto oral, con el intercambio de saliva, de ahí la denominación popular de 'enfermedad del beso' para una de sus consecuencias, la mononucleosis infecciosa. Es capaz de infectar tan sólo a dos clases de células: unas de ellas pertenecen a las glándulas salivares y las otras a un tipo especial de células blancas sanguíneas, los linfocitos B. Los virus EB que crecen en las células de las glándulas celulares se encuentran en la boca en la secreción salivar, siendo la saliva el único fluido corporal capaz de transmitir las partículas infecciosas del virus.

ESTRATEGIAS. Dentro de las células de las glándulas salivares el virus EB completa el curso normal de su multiplicación. Sin embargo, hasta ahora poco se sabía de su biología en los linfocitos. Pero, recientemente, científicos de la Universidad

de North Carolina, en Estados Unidos, y de la Universidad de Osaka, en Japón, con la ayuda de ratones manipulados genéticamente, han dado unos grandes pasos al respecto, necesarios para lograr un futuro combate eficaz contra este virus. Lo que han conseguido es descubrir la estrategia del insidioso proceso invasor e infectivo del virus EB.

Lo que sucede es que, con habilidad, el virus logra secuestrar a parte de nuestro sistema inmunológico, lo que le ayuda a emboscarse eficazmente. En efecto, al invadir las células de nuestro sistema inmune provoca la producción de una proteína que estimula la multiplicación de estas células. Entonces, las células construyen una especie de centros germinales, que actúan como zulos o guaridas, en el bazo y sistema linfático. Esos zulos o escondrijos son similares a otros centros germinales naturales previamente existentes en el cuerpo, entre los cuales se sitúan y ocultan. Allí pueden permanecer los virus escondidos, inactivos, y sin peligro para nuestra salud, durante décadas. En estas circunstancias de ocultación la mayoría de las personas solemos poseer entre una y tres células conteniendo el virus por cada millón de células inmunológicas, linfocitos, normales.

Las células conteniendo los virus EB abandonan sus zulos, en pequeño número, cuando el organismo es invadido por otros virus que provocan la activación del sistema inmunológico. Los investigadores han llegado a la conclusión de que estas células, infectadas con virus EB, conservan, incluso, la capacidad de lucha contra los nuevos virus invasores. Por ello, en condiciones no extremas la mayoría de nosotros podemos convivir muy bien con nuestra carga de virus EB. Además, en estos casos de liberación limitada de células EB nuestro sistema inmune normal es capaz de reconocer a las proteínas fabricadas por tales células, consiguiendo evitar su multiplicación excesiva.

PATOLOGÍAS. En los países no desarrollados, en la casi totalidad de los niños la infección con el virus EB tiene lugar antes de los cinco años y es asintomática. En los países desarrollados casi un 50% de la población está libre de la infección hasta la adolescencia o después. Cuando se produce la infección, normalmente entre los 10 y 35 años, se pueden dar dos respuestas diferentes. En casi las dos terceras partes de los casos la infección es asintomática o de consecuencias muy

leves. En el tercio restante se produce la `mononucleosis infecciosa´. El periodo de incubación es de 30-40 días y entre los síntomas y consecuencias suelen contarse los siguientes: malestar; fiebre; dolor de garganta; agrandamiento de los nódulos linfáticos, sobre todo los del cuello; inflamación del bazo, etcétera. La duración del proceso suele ser de 7 a 14 días, aunque a veces puede prolongarse, sobre todo si el sistema nervioso se ha afectado. Algo análogo sucede con la gravedad de las complicaciones que, en caso extremo, pueden llegar a ser fatales.

Las recaídas son infrecuentes y, sean cuales sean las consecuencias de la primera infección por los virus EB, parece alcanzarse la inmunidad posterior en las personas normales, salvo complicaciones, cuya naturaleza comienza a ser conocida, pero que corresponden a personas que, por diversas causas, cuentan con un sistema inmunológico debilitado.

FATIGA Y CÁNCER. Aunque todavía no existe un consentimiento generalizado al respecto, muchos científicos establecen una relación entre los virus EB y el síndrome de la fatiga crónica, que se caracteriza por un periodo dilatado de tiempo, muchas veces superior a seis meses, en que se sufre una fatiga debilitadora que comienza súbitamente y que frecuentemente va acompañada de otras características: fiebre débil; dolor de garganta, dolor muscular y en articulaciones; dolor de cabeza; desórdenes del sueño; confusión; pérdida de memoria, problemas visuales, etcétera. Al igual que en el caso de la mononucleosis infecciosa no existen tratamientos efectivos, pero la mayoría de los pacientes, al cabo del tiempo, suelen mejorar paulatinamente e incluso se recuperan totalmente, aunque otra pequeña proporción no sólo no se recupera sino que su estado sigue evolucionando negativamente.

Existen otros desórdenes menos frecuentes, pero más graves, que también se han asociado a los virus EB. Por ejemplo, pueden ser causa de cáncer en personas con sistemas inmunes muy debilitados tales como los enfermos de SIDA o los receptores de trasplantes de órganos o de médula ósea. En Sur de China, Sudeste asiático, Norte de África, y entre los esquimales, se desarrolla el carcinoma nasofaríngeo, un cáncer de los senos nasales y de la garganta. También, principalmente en África, existe el cáncer linfoide conocido como linfoma de Burkitt. Sin llegar

a tales extremos el virus EB posee una relación íntima con el desarrollo de ciertas enfermedades neurológicas poco frecuentes, pero graves, incluyendo encefalitis (inflamación del cerebro), y la parálisis de varios grupos de nervios, como es el ejemplo de la parálisis de Bell que afecta al nervio facial.

El caso del virus EB nos ilustra sobre la necesidad de investigar y conocer con más profundidad, en el ámbito molecular, las estrategias y mecanismos de que se valen muchos virus que pueden constituir una seria amenaza para la humanidad, para invadir y destruir nuestras células.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Es admitido generalmente que, además de los 4 sabores tradicionales (salado, dulce, agrio y amargo) habría que añadir el llamado sabor umani, ocasionado por el glutamato, ampliamente utilizado, sobre todo en la cocina china. En el cerebro se habían encontrado moléculas receptoras del glutamato que reconocen concentraciones mínimas del mismo. Pero ahora, según publica en la revista Nature NeuroScience lo que se acaba de descubrir y clonar es el receptor de glutamato situado en la lengua, que es diferente al del cerebro, a fin de adaptarse a las altas cantidades de glutamato presentes en los nutrientes. Es la primera vez que se ha logrado clonar un receptor relacionado con el sentido del gusto.

CLONES DE CLONES

Los científicos americanos ya habían obtenidos ratones clónicos a partir de las células de un ratón progenitor también clónico. Ahora, en Japón, los investigadores de un centro veterinario científico situado en Kagoshima, al sur del país, han anunciado un logro similar en vacuno. Hace algún tiempo, a partir del material genético procedente de una célula de la oreja de un toro, consiguieron la obtención clónica de cuatro terneras. Ahora, repitiendo la misma operación a partir de éstas, han logrado una segunda generación de animales clónicos, pretendiendo

investigar si la clonación sucesiva puede afectar a las expectativas y condiciones de vida de los animales clonados. Por otra parte, hay que recordar que, desde hace un poco tiempo, en los supermercados japoneses se puede encontrar a la venta carne de vacuno procedente de animales clónicos.

CALVICIE Y CORAZÓN

Se completan datos sobre su relación, posiblemente ligada a los niveles de la hormona testosterona. Se acaba de publicar en el último número de la revista Archives of Internal Medicine una investigación realizada durante 11 años sobre más de 22.000 médicos varones americanos que demuestra que una calvicie superior al 45% se asocia a un aumento del 36% el riesgo de sufrir complicaciones coronarias (angina, infarto o intervención quirúrgica). Además, la magnitud del riesgo depende de las características y de la severidad de la pérdida de pelo, sobre todo si ello va acompañado de hipertensión o hipercolesterolemia. Por ejemplo, unas entradas prolongadas en la región frontal tan sólo suponen un 9% de riesgo adicional sobre los valores normales, mientras que la falta de pelo en la coronilla hace subir la cifra hasta el 23%.

LEGIONELLA: LA CONGRESISTA DISTINGUIDA

El escenario es ficticio. Tras la elección de Presidente, se celebra el acto de apertura del Congreso de la Sociedad Mundial de Agentes Infecciosos. Pero los participantes no son científicos, médicos o personas relacionadas con la sanidad, sino que son los propios organismos infecciosos: bacterias, virus, hongos, levaduras...

A ellos se dirige su nuevo Presidente, Mr. Prion, es decir, la proteína origen de la encefalopatía espongiforme bovina y de otras patologías animales, como la enfermedad humana de Creutzfeldt-Jakob. Pero, antes de continuar, no crean que se trata de abordar estos temas serios y delicados en forma jocosa. Esta misma ficción es el contenido de un reciente editorial de la prestigiosa revista Science, escrito por dos científicos tan prestigiosos como el profesor Thomas Eisner del Instituto Cornell (Ecología Química, Neurobiología y Comportamiento) y el profesor Paul R. Ehrlich, de la Universidad de Stanford (Departamento de Ciencias Biológicas).

Y, es que la lucha contra las enfermedades infecciosas constituye uno de los capítulos más fascinantes de la lucha del hombre contra un entorno hostil que la humanidad creía estaba a punto de ser superado con los descubrimientos de los métodos de inmunización activa y de los antibióticos. Sin embargo, no ha sido así. Las enfermedades infecciosas se renuevan y nos amenazan. Por ello, tomando la idea original de la revista Science, en una versión propia libre y modificada, dejemos que sea el propio presidente de los organismos infeccio-

sos, Mr Prion, quien revele algunas de las estrategias presentes y futuras de estos agentes infecciosos, a través de su discurso inicial de bienvenida a los congresistas imaginarios.

EL DISCURSO. Distinguidos miembros de la Sociedad Mundial de Agentes Infecciosos: Soy vuestro Presidente electo, el Prion. En mi opinión, con vuestra elección habéis querido reconocer la originalidad y eficacia de mis nuevos métodos de acción, que están llegando a desconcertar y preocupar fuertemente a todos nuestros enemigos, principalmente al mayor de ellos, al hombre. Yo quiero que mi discurso sirva para analizar nuestros principales problemas, pero también nuestras fundadas esperanzas para el futuro, ya que nuestra arma principal consiste en que el comportamiento del homo inteligens, muy frecuentemente, es el que correspondería al homo stupidus. Mi mensaje es claro: podemos y debemos aprovecharnos de ello.

Nuestro origen se difumina hace miles de millones de años. Recientemente, hemos sufrido crisis espantosas. Recordaré tres momentos especialmente tristes. El primero cuando ese terrible azote de hombre que fue Pasteur descubrió que éramos el origen de muchas enfermedades lo que posibilitó el desarrollo de esas horribles armas biológicas que son las vacunas. El segundo, cuando otro hombre nefasto para nosotros, Fleming, descubrió el primer antibiótico, la penicilina. Y el tercero cuando, hace pocos años, esa odiada sociedad que se llama la Organización Mundial de la Salud, declaró que había eliminado totalmente del planeta a uno de nuestros miembros más queridos y activos: el causante de la viruela.

Tenemos que ser realistas. Hemos de reconocer que nuestras fuentes de alimentos están siendo desplazadas por el hombre, que se ha erigido en rey supremo sobre la Tierra. El número de seres humanos se incrementa sin cesar y ya cubren una buena parte de toda la superficie del planeta, desplazando al resto de seres vivos, dificultando nuestro crecimiento y desarrollo. Además, su desarrollo armamentista contra nosotros ha sido espectacular en cantidad y potencia. Y lo peor de todo es que los avances de esa amenazadora disciplina que llaman Biología Molecular puede permitir a los hombres el escoger a algunos de nuestros mismos miembros, modificarlos genéticamente y convertirlos en implacables enemigos de nosotros mismos. Estemos, pues, siempre alertas frente a los enemigos internos.

ESPERANZAS. Sin embargo, admirados y esforzados compañeros, no quiero que mi primer discurso ante vosotros sea negativo. Tenemos bastantes motivos para la esperanza en un futuro repleto de posibilidades para nuestro desarrollo. Venceremos al hombre en muchas ocasiones. En primer lugar porque contamos con nuestra gran adaptación, nuestra asombrosa capacidad para cambiar, para mutar, para hacernos resistentes hacia los antibióticos, para desarrollar nuevos mecanismos antiquimioterapéuticos, nuevas variedades de gérmenes, etcétera.

Otra de nuestras ventajas principales ha de estar basada en un cambio estratégico. Siguiendo y potenciando nuestra legendaria tradición evolutiva tenemos que variar nuestros gustos, nuestros hábitats. Nuestro futuro obligado es la homofagia. Atacar profunda y diversamente al hombre, logrando su destrucción, será nuestra única solución para sobrevivir en este mundo.

Pero lo más importante de todo es que para luchar contra el hombre tenemos al mejor aliado posible: al mismo hombre. Los hombres que permiten que la mayor parte de la humanidad sea víctima de la pobreza y del hambre, es decir, que se conviertan en unos excelentes huéspedes para nuestro desarrollo. Una porción minoritaria de los hombres cuentan con exceso de alimentos y con asistencia médica de calidad, pero la mayor parte están desnutridos y con pésimos cuidados sanitarios, pudiéndonos introducir en sus organismos a través del agua insana y la comida defectuosa que consumen, además de que, con ello, ocurre que una buena parte de la humanidad está en situación de inmunodeficiencia, sin armas naturales para protegerse de nuestros ataques.

Más aún. Sus propias armas se convierten en nuestras armas. El mundo desarrollado consume grandes cantidades de antibióticos innecesarios y ello favorece nuestra reconversión para hacernos resistentes a los antibióticos. Por ejemplo, un informe de la Organización Mundial de la Salud puso de manifiesto que, en un tercio de los 35 países investigados, los nuevos casos de tuberculosis mostraron resistencia a los fármacos en hasta un 14% de los casos. Y, toneladas y toneladas de antibióticos se usan en los sistemas intensivos de producción animal, con el fin de acelerar el engorde del ganado. Al final de la cadena alimenticia llegan al hombre y, nuevamente, ello facilita que las bacterias nos hagamos resistentes a los antibióticos. Ciertas bacterias, que causan graves infecciones en los hospitales, se

han vuelto resistentes a los antibióticos que se utilizan como último recurso. Así, nuestra asociada, la bacteria Staphylococcus aureus se ha hecho resistente al antibiótico meticilina, porque en los últimos 20 años, se han estado utilizando antibióticos similares para promover el aumento de peso de animales de granja. Y, para alegría nuestra, no existen tratamientos adecuados contra las infecciones causadas por ella.

Otra gran esperanza para nuestro futuro descansa en el cambio climático producido por las actividades humanas así como en la resistencia de algunos responsables políticos a tomar medidas que reduzcan el efecto invernadero. Es indudable que ese cambio climático posibilitará a muchos de nosotros el poder salir fuera de nuestras fronteras geográficas tradicionales.

PREMIOS. Permítanme que finalice esta breve alocución inicial con mi felicitación a los miembros asociados que, por sus eficaces actividades recientes, han sido objeto de alguno de los premios de nuestra Sociedad, en sus diferentes categorías. Al virus VIH por su importante y mortífera acción directa sobre tantos millones de hombres y mujeres, con un reconocimiento expreso a que su acción ha permitido el desarrollo posterior de muchos organismos como nosotros sobre los humanos inmunodeprimidos. Entre esos organismos una mención especial para el bacilo de la tuberculosis a quien muchos daban ya por derrotado y que está renaciendo con más vigor que nunca.

Dentro del apartado virus, felicitemos los esfuerzos de nuestros compañeros Ébola, Hanta, Lassa y Marburg. Reconozcamos algunos esfuerzos pioneros como los del Treponema, el Plasmodium o el virus del dengue. Y, el premio a la constancia es, sin duda, a uno de nuestros componentes más tímidos y modestos, el virus de la gripe, cuyo efecto debilitante es tan esencial para el crecimiento y desarrollo invasivo de otros muchos de nosotros.

El último galardón es un premio actual y especial para nuestra asociada la bacteria Legionella pneumophila, cuya última actuación en Murcia (España) le hace acreedora de nuestro respeto y admiración. Su trabajo merece entrar en el Libro Guinness de los Récords. Podemos aprender mucho de esta experiencia: aún tenemos margen de acción para actuar incluso en lugares en los que los servicios

sanitarios y hospitalarios funcionen con gran eficacia. Basta con que los responsables sociales o políticos hayan olvidado el desarrollo previo de normas adecuadas para combatirnos o que descuiden, si esas normas existen, su vigilancia y cumplimiento. Y, alegrémonos si se diese algún caso en el que en lugar de seguir estrictos criterios y metodologías científicos para descubrir el origen y estrategias de nuestros ataques, el proceso fuese dirigido por otras consideraciones oportunistas.

Nada más señores congresistas infecciosos. Como Presidente les deseo que sus nuevas estrategias tengan éxito. Pero no olvidemos algo esencial. Todas nuestras esperanzas de un futuro mejor para nuestras actividades infecciosas se vendrían abajo si el hombre utilizase alguno de los recursos, que a veces olvida: inteligencia y solidaridad. Si ello ocurriese así nuestro futuro desaparecería.

CORAZONES MENOS CANSADOS

Hace aproximadamente un año que, en otro de estos artículos científicos divulgadores, seguíamos las recomendaciones de la Sociedad Cardiológica Americana y bajo el título «Esperanzas para los corazones cansados», comentábamos la recién descubierta utilidad, tras las investigaciones CIBIS 1 y CIBIS 2, del uso de los fármacos conocidos como betabloqueantes en el tratamiento de insuficiencia cardiaca.

En el poco tiempo transcurrido desde entonces, afortunadamente esa esperanza se ha consolidado como una muy positiva realidad. Ello es importante, pues basta recordar que en los países desarrollados, en el último medio siglo, se ha multiplicado por 2 ó 3 veces la frecuencia y la mortalidad de las diversas enfermedades cardiovasculares. Ello ha dado lugar que una de sus secuelas más frecuentes, sea la insuficiencia cardiaca, cuando el ventrículo izquierdo no es capaz de bombear adecuadamente la sangre, con lo que el líquido se acumula en los pulmones causando disnea (fatiga) al realizar un esfuerzo. Más del 10% de las personas con más de 75 años sufren esta condición, cuyo pronóstico no es mejor, por ejemplo, que el del cáncer de próstata, de modo que tras el diagnóstico la supervivencia media en varones es tan sólo de 1,7 años y de 3,2 años en las mujeres.

BETARRECEPTORES. El renovado interés por los betabloqueantes está más que justificado. Así lo ponía de relieve hace unos pocos días, en un primer artículo de una serie, publicado en Noticias Médicas el profesor Antonio García García,

quien es uno de los más prestigiosos investigadores españoles actuales, natural de Molina de Segura, catedrático de Farmacología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, tras su traslado desde la Facultad de Medicina de la Universidad de Alicante, donde realizó una gran labor científica.

¿Qué son los betabloqueantes?. Muchas hormonas (entre ellas la adrenalina), moléculas bioactivas, fármacos, etcétera, son reconocidas por las células sobre las que tienen actividad, a través de receptores proteínicos ubicados en la superficie de su membrana. El reconocimiento específico de la molécula efectora por medio del receptor, da lugar a la aparición de una determinada señal bioquímica en el interior de la célula, señal que es la responsable del inicio de un proceso, que finaliza en la modulación de un determinado acontecimiento bioquímico o fisiológico. Las sustancias que pueden fijarse a un receptor y, con ello, impedir su función normal del reconocimiento hormonal, se denominan bloqueantes. Si el represor es específico de la hormona adrenalina, estaríamos tratando de receptores y bloqueantes adrenérgicos. Se conocen diversas familias de ellos. Concretamente, en el corazón, hay dos tipos de betarreceptores, los beta-1 y los beta-2. Los beta-1 se localizan fundamentalmente en el músculo cardíaco, regulando la velocidad de conducción y la fuerza con la que se contrae el músculo, pudiendo acelerar el ritmo cardíaco. Los beta-2, fundamentalmente, se localizan en la musculatura bronquial y en los vasos sanguíneos.

BETABLOQUEANTES. El científico americano Raymon P. Ahlquist, en un proceso cargado de serendipia (una adecuada combinación de azar y de perspicacia científica), describió varios derivados catecolamínicos bloqueadores de receptores adrenérgicos que clasificó en subtipos alfa y beta. Sus resultados quedaron olvidados más de diez años y no fue hasta el año 1962 cuando se sintetizó el primer betabloqueante, el pronetalol, utilizado clínicamente para el tratamiento de pacientes con angina de pecho. Actualmente existen muchos betabloqueantes desarrollados, que se suelen clasificar como selectivos o no-selectivos. Los selectivos bloquean sólo a los receptores beta-1 mientras que los no-selectivos actúan tanto sobre los receptores beta-1 como los beta-2.

En los últimos 25 años se ha acumulado la experiencia precisa para justificar

su uso en patologías tan diversas como son el tratamiento de la hipertensión arterial, las cardiopatías isquémicas, las anginas, el riesgo de un segundo infarto, las insuficiencias cardíacas, las arritmias e, incluso, ciertas migrañas. Como ejemplo del carácter multiuso de los betabloqueantes se puede citar la reciente aparición, hace un par de meses, en la revista New England Journal of Medicine, de una excelente investigación multicéntrica sobre casi 1.500 pacientes de alto riesgo sometidos a cirugía vascular, demostrando que el betabloquente bisoprolol reduce muy drásticamente la incidencia de fallecimientos perioperacionales debidas a causas cardíacas así como también los riesgos de sufrir posteriores infartos de miocardios no fatales.

Un ejemplo diferente, está reflejado en un estudio publicado en el Journal of the American College of Cardiology, indicativo de que el uso de los betabloqueantes es mucho más adecuado (reducciones de un 30-40% de los riesgos y de las mortalidades asociadas) para prevenir un segundo ataque cardíaco que la prescripción de un antagonista de los canales de calcio, lo cual es de interés teniendo en cuenta la alta proporción de prescripciones de este último tipo de fármacos.

Otra investigación, publicada el pasado año en Archives of Internal Medicine, realizada a lo largo de 9 años, sobre cerca de 2.000 pacientes con antecedentes de infarto de miocardio, demostró que el uso de aspirina (ácido acetilsalicílico), agentes hipolipemiantes y betabloqueantes es muy eficaz también para reducir el riesgo de infarto de miocardio recidivante y el de muerte. Y el estudio holandés DECREASE (Evaluación ecocardiográfica del riego cardíaco con la aplicación de la Eco de esfuerzo) demostró que el uso del betabloqueante bisopropalol reduce significativamente las complicaciones perioperatorias de los pacientes sometidos a cirugía mayor vascular no cardiaca.

INSUFICIENCIA CARDIACA. En los últimos 40 años no se había producido ningún cambio significativo en su pronóstico. El tratamiento estándar consiste en el uso combinado de diuréticos y de inhibidores ECA (Enzima Convertidora de Angiotensina).

Pero, tras otros precedentes prometedores, el ensayo CIBIS II, al que nos refe-

ríamos al comienzo de este artículo, demostró que el uso combinado del tratamiento estándar junto con el betabloqueante bisoprolol, conseguía una reducción del 34% en la mortalidad por todas las causas, del 44% de muertes súbitas, del 29% de las muertes de origen cardiovascular, así como una fuerte reducción en las hospitalizaciones sufridas por los pacientes.

Y, el verano pasado, en Goteborg, Suecia, tuvo lugar un Congreso Internacional sobre la Insuficiencia Cardiaca organizado por esta Sección especializada de la Sociedad Europea de Cardiología, al que asistieron más de 2.200 especialistas en el tema. En el Congreso se divulgaron también otros datos, muy semejantes a los anteriores del CIBIS II, obtenidos con otro gran ensayo multicéntrico, el MERIT-HF, efectuado sobre unos dos mil pacientes y en el que el betabloqueante utilizado fue el metoprolol. Existen indicios de que otros betabloqueantes también podrían ser de utilidad, por lo que actualmente se está realizando el estudio COMET (Ensayo Europeo sobre Carvedilol y Metoprolol) en el que se comparan las acciones y dosis más convenientes de ambos betabloqueantes.

Poco después, a principios del pasado septiembre, se celebró en Barcelona el XXI Congreso de la Sociedad Europea de Cardiología y en un simposio especializado se confirmó que el uso del bisoprolol puede ser beneficioso en una gama amplísima de indicaciones: hipertensión, angina de pecho, síndromes coronarios agudos, infarto agudo de miocardio, postinfarto de miocardio, arritmias mortales e insuficiencia cardiaca crónica. Respecto a esta última patología, la conclusión fue significativa: «el problema no es si se deben recibir betabloqueantes sino cuáles, cuánto y cómo utilizarlos».

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Algunas costumbres antiguas renuevan actualidad. En la excelente revista científica Journal of Biological Chemistry se acaba de publicar una investigación demostrativa que el consumo de aceite de hígado de bacalao tiene una acción parecida a la de la aspirina, ayudando a mitigar los dolores producidos por la artritis. La razón radica en su alto contenido en ácidos grasos omega-3, que pueden

actuar de inhibidores de la enzima COX, mediadora de los procesos inflamatorios y de aparición del dolor, así como también en la inhibición de las enzimas proteolíticas que atacan al cartílago.

OPTIMISMO

El Dr. Toshihiko Maruka, del Departamento de Psiquiatría de Adultos, de la célebre Clínica Mayo, ha seguido la evolución de cerca de 1.000 pacientes a los que se les había sometido, entre 1962 y 1965, a una encuesta para cuantificar su situación en una escala establecida de Optimismo-Pesimismo. Tras los correspondientes ajustes de datos los resultados indican que la situación de optimismo está ligada a la de una vida más larga, de modo que por cada subida de 10 puntos en la escala de pesimismo, el riesgo de mortalidad se incrementó un 19%.

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

El Instituto Nacional del Trabajo de Suecia está investigando los efectos que sobre la salud produce un alto uso de los teléfonos móviles. Un 25% de los usuarios sienten calor en sus oídos al usarlos. Un 20% los ligan a frecuentes dolores de cabeza o apariciones de fatiga. Casi la mitad de los que los usan una hora o más diarias muestran algún o algunos síntomas como dolores de cabeza, pérdidas de memoria, dificultades de concentración, ardor, etcétera. Dentro de los teléfonos celulares las señales pueden procesarse digitalmente o analógicamente. Los analógicos, con señales de radiofrecuencia más energéticas, producen más efectos negativos que los analógicos.

LA PRODUCCIÓN DE TEJIDOS HUMANOS

Sean G. McCormack, nacido en Norwood, Massachussets, se puede considerar como el prototipo de los jóvenes adolescentes americanos de su edad y su comportamiento es idéntico al de ellos, salvo, quizá, un punto de insensatez, dada su pasión por los deportes que demandan esfuerzos grandes, no en vano es el lanzador del equipo de béisbol de su colegio, aparte de ser un avezado ciclista de montaña. Pero, sobre todo, Sean tiene una particularidad única: es el primer humano que posee una gran parte de su pecho biotecnológicamente fabricado en un laboratorio.

Su problema fue que nació aquejado de una rara enfermedad congénita, el síndrome de Poland, lo que implicaba la inexistencia de cartílago o hueso bajo la piel del lado izquierdo de su pecho. El cartílago situado bajo el centro de su esternón se hacía señalar y su corazón estaba prácticamente desprotegido, de modo que se podían observar sus latidos a través de la piel.

INGENIERÍA DE TEJIDOS. La posible solución la abordó un grupo investigador del Hospital Infantil de Boston que están trabajando en Ingeniería de tejidos humanos. Tomaron una pequeña porción del trozo prominente del cartílago del joven y utilizaron sus células para «sembrarlas» sobre un soporte fabricado con un polímero biodegradable, a base ácido poliglicólico, moldeando el conjunto con la forma del torso izquierdo. Entonces se situó el conjunto, durante varias semanas,

en un biorreactor, con un medio de cultivo celular adecuado, suministrándole ciertos factores de crecimiento. Se produjo el crecimiento celular y la reconstitución física de la estructura cartilaginosa, procediéndose a su implantación al paciente, sin problemas de rechazo, dado que se trataba de células derivadas de sus propias células. El sistema funcionó y el joven no solamente recuperó una apariencia física normal, sino que una vez transcurridos dos años desde la operación se ha comprobado que el tejido implantado funciona normalmente con el mismo ritmo de crecimiento que el normal de la porción derecha de su pecho.

Es indudable que esta es una bella historia de interés humano. Pero lo mejor de todo es que se trata de un mero ejemplo aleccionador del avance conseguido en los últimos 20 años en el campo de la bioingeniería de tejidos y órganos humanos. Y que, con mucha probabilidad en un futuro inmediato conoceremos de aplicaciones prácticas cada vez más interesantes y espectaculares. No en vano, aparte de las investigaciones oficiales, numerosas empresas están embarcadas en proyectos de este tipo, algunos de ellos muy avanzados. Algunos llegan a calificar las expectativas como de una nueva revolución en la Medicina.

PROYECTOS. Los conocimientos ya existentes sobre el crecimiento de células animales y humanas en el laboratorio y los avances vertiginosos realizados últimamente en sus aspectos científicos están permitiendo abordar temas de gran interés. Es sabido que las glándulas salivares secretan proteínas antifúngicas para luchar contra las infecciones de garganta o que la piel libera hormonas como la hormona del crecimiento. Entonces, ¿por qué no establecer nuestras propias factorías en el laboratorio, liberándolas de su pertenencia a un cuerpo humano?.

Otro ejemplo muy divulgado ha sido el éxito de la empresa americana Organogenesis que, a partir de unas pocas células epiteliales del prepucio de un niño, pudo obtener metros y metros cuadrados de piel viva, que puede ser manejada, cortada, mantenida viva e implantada sobre diferentes pacientes, sin riesgos de rechazo. El nombre comercial escogido fue el de Apligraf y, desde mayo pasado, tuvo la autorización para su uso médico, especialmente útil en el tratamiento de las úlceras de extremidades, tan usuales en los ancianos. La misma empresa está finalizando los ensayos clínicos sobre un cartílago biotecnológico que pudiera usar-

se para fortalecer la uretra o reparar los accidentes de rodilla o sobre un sistema de sustitución de tibias que se cree pudiese estar operativo en un par de años.

En varios laboratorios del mundo se están cultivando tejidos óseos procedentes de personas que perdieron algún(os) dedo(s) en accidentes. El propósito es fabricar dedos biotecnológicos que les serán reimplantados, adicionándoles factores de crecimiento con la fundada esperanza de conseguir también la regeneración de nervios y tendones, con la consiguiente recuperación de funcionalidad.

El verano pasado los investigadores de un hospital de Boston consiguieron el gran éxito de implantar, con éxito, 10 nuevas vejigas urinarias biotecnológicas en los correspondientes 10 corderitos a los que se les había despojado de las suyas naturales. Como es lógico, ahora están implicados en la repetición del proceso, pero sobre humanos, es decir, en conseguir en breve tiempo la implantación de vejigas urinarias, crecidas a partir de células fetales, en adultos humanos necesitados de ellas.

Y, el pasado mes de junio, diversos importantes científicos se reunieron en Toronto, para dar comienzo a una iniciativa cuya consecución se estimó en unos diez años: el crecimiento y obtención, en el laboratorio, de un verdadero corazón humano. Puede parecernos dificilísimo o inalcanzable, pero el proyecto científico ya está en marcha.

EMPRESAS. Esta posibilidad, como las demás, sería un gran logro humanitario pero, también, un gran negocio. Se ha estimado que el monto potencial de los tejidos y órganos crecidos en laboratorio podría superar la cifra de 80.000 millones de dólares anuales. Aunque esto no es casi nada si lo comparamos con datos como que, sólo en EE.UU., se gastan anualmente más de 400.000 millones de dólares en pacientes que sufren pérdidas de órganos o tejidos, suponiendo casi la mitad de su factura sanitaria. O, que se realizan anualmente 8 millones de intervenciones quirúrgicas para ese tipo de patologías. O, que mueren 4.000 personas en espera de un trasplante. Y otras 100.000 mueren incluso antes de entrar en la lista de espera de trasplantes.

Aunque existen actualmente en el mundo más de un centenar de empresas activas en este campo, he aquí el nombre y los productos perseguidos por unas pocas de ellas, para que nos sirvan de muestrario de posibilidades: Atrix Laboratories y Creative Biomolecules, con tejidos conectivos, para tratar problemas de tejidos blandos y

soldar fracturas óseas; Biomatrix, que ya ha tenido un buen éxito con el Synvisc, un producto para tratamiento de osteoartritis en la rodilla; Cytotherapeutics, desarrollando productos útiles para desórdenes del sistema nervioso central tales como las enfermedades de Hungtinton o de Gehrig; Gilford Pharmaceticals, desarrollando productos de regeneración nerviosa para la enfermedad de Parkinson o las víctimas de daños en la médula espinal; Lifecell, que trabaja en válvulas cardíacas crecidas en laboratorio así como en tejidos dentales; Regeneron Pharmaceuticals, intentando desarrollar tratamientos basados en proteínas para combatir a enfermedades neurodegenerativas, atrofias musculares, formaciones óseas anormales, etcétera.

En suma, una nueva ventana de esperanza hacia el futuro, que se abre gracias a las investigaciones científicas, con el deseo de que su aplicación práctica biomédica se pueda hace realidad en el menor plazo posible.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El vino tinto es una fuente de antioxidantes polifenólicos tales como el flavonol quercetina. En el último número de la revista Journal of Nutrition una interesante investigación compara la cantidad y biodisponibilidad de ese flavonol en una experiencia realizada sobre 12 adultos sanos que, debidamente controlados, ingirieron diariamente durante 4 días (dejando 3 días de descanso entre cada serie, ordenadas al azar) 750 ml de vino tinto, 50 g de cebolla amarilla frita o 375 ml de té negro, es decir, en todos los casos una ingesta diaria de unos 15 mg de quercetina. La conclusión alcanzada es la de que hubo absorción de quercetina en todos los casos, pero la contenida en el vino tinto lo hizo en menor proporción que en las otras dos posibilidades.

PSORIASIS

En la recién celebrada 59 Reunión Anual de la Academia Americana de Dermatología se ha analizado la situación actual de la lucha contra la psoriasis. Concretamente se han calificado de prometedores los ensayos sobre eficacia y segu-

ridad realizados con un nuevo fármaco, el ASM 981 (Pimecrolimus), desarrollado por Novartis, para el tratamiento oral de la psoriasis en casos de adultos con placas psoriáticas moderadas o severas. La actuación de este fármaco es similar a la de la macrolactama ascomicina, es decir, se trata de un inhibidor selectivo de citoquinas inflamatorias.

MICROCHIPS

Hasta ahora cualquier análisis de ADN separaba la preparación de las muestras del propio análisis. Ello significa un importante riesgo de contaminación para las minúsculas muestras utilizadas. Ahora, investigadores de la Universidad de Pensilvania publican en el último número de la revista Genome Research su desarrollo de una máquina para microchips de ADN globalmente capaz de: tomar muestras de tan sólo 3 microlitros de sangre humana; separar las células blancas portadoras del ADN; amplificar el ADN aislado; y proceder a análisis variados de las muestras. Con ello se facilitarán enormemente los estudios genéticos derivados de los conocimientos del Proyecto Genoma Humano.

UNAS CÉLULAS MARAVILLOSAS

«La juventud anuncia al hombre, como la mañana anuncia al día». Así escribía, en 1671, ya ciego, John Milton, posiblemente el mayor poeta inglés, cuando publicó su «Paraíso recuperado», continuación del «Paraíso perdido». Y es que, en cualquier proceso, las etapas iniciales están cuajadas de potencialidad, de flexibilidad respecto a los desarrollos futuros que pueden ser muy diversos. Normalmente la versatilidad, la flexibilidad y la adaptabilidad están reñidas con la especialización.

Un niño puede convertirse de mayor en un especialista de las carreras de Fórmula 1, o en un virtuoso violinista, mientras que es muy difícil que el excelso violinista, en su madurez, se transforme en un deportista de élite o que éste se convierta en un gran músico. En la vida celular sucede lo mismo, pero los científicos están descubriendo cómo controlar y diseñar a conveniencia estos procesos de potencialidad y especialización. La importancia de las consecuencias previsibles que se derivarán de estos nuevos conocimientos ha hecho se consideren como el mayor logro científico del año 1999 y, desde luego, como uno de los más importantes en toda la historia de la Ciencia. Así lo ha reconocido la revista Science y, con ella, prácticamente, toda la comunidad científica internacional.

Nuestra existencia depende de lo perfectamente que ejecuten sus respectivas tareas nuestras células maduras, tan diferentemente especializadas como son, por ejemplo, las neuronas, las cardíacas, las óseas, o las hepáticas. Tal especialización

les impide que, de un modo normal, unas puedan convertirse en las otras. Sin embargo, no siempre ha sido así. Todos sabemos que cada mamífero procede de una joven célula única embrionaria inicial, pluripotencial. Durante el desarrollo embrionario, con nula o mínima especialización, se mantiene la potencialidad, de modo que es posible, incluso, separar en el laboratorio una o unas pocas células del embrión y obtener nuevos embriones totalmente semejantes al inicial. Si esos embriones son implantados pueden producir individuos clónicos. Durante el desarrollo fetal, conforme se incrementa la especialización de cada célula, paulatinamente disminuye su potencialidad, su capacidad de transformarse en células de uno u otro órgano o tejido.

CÉLULAS PRECURSORAS. Desde hace tiempo se sabía que los humanos adultos seguimos teniendo algunas células poco diferenciadas, de muy alta potencialidad o totalmente pluripotenciales. Se les denomina de modo diverso: células madre, células tronco, células progenitoras, células precursoras, etcétera. Estas células, por sí solas, no son como las embrionarias, no pueden originar un ser vivo. Pero al no contar aún con identidad propia, pueden madurar de muy diferentes modos y dar lugar a células especializadas muy diferentes. Todos sabemos que ello es lo que se aprovecha, desde hace años, en los trasplantes de médula ósea, ya que las células precursoras trasplantadas pueden convertirse, entre otras, en las diferentes clases de células sanguíneas que sustituyen a las defectuosas del enfermo. Además, las células precursoras conservan la capacidad de seguir produciendo nuevas generaciones de células precursoras.

Hace más de veinte años que se obtuvieron células precursoras de embriones de ratón, lo cual ha sido muy útil para conseguir importantes y diferentes avances en la Biología Molecular (animales transgénicos, ratones «noqueados», etcétera). Sin embargo, no se había conseguido cultivar las células precursoras en el laboratorio.

ÉXITOS. Hace poco más de un año, a partir de óvulos humanos fecundados, sobrantes en las clínicas de reproducción «in vitro», y de tejido fetal de abortos, dos grupos investigadores diferentes obtuvieron en el laboratorio los primeros cultivos

de células progenitoras embrionarias humanas, a partir de los cuales pudieron desarrollar hasta cinco líneas celulares diferentes, capaces de reproducirse continuamente. Este tipo de células progenitoras, aun poco diferenciadas, inyectadas en animales transgénicos inmunodeprimidos se ha comprobado que poseen capacidad de regenerar, en cada caso, tejidos tan diferentes como óseo, muscular, neuronal, intestinal o cartílago. Dejando aparte los aspectos éticos, todo ello sirvió de acicate para profundizar en la investigación sobre células progenitoras obtenibles de adultos.

En este campo las posibilidades que se están abriendo son impresionantes. Vamos a resumir algunos de los logros más notables durante 1999: a) en enero, científicos americanos e italianos, comprobaron que células progenitoras obtenidas del cerebro de ratones podían ser pasadas a la sangre y a la médula ósea donde se convertían en células sanguíneas maduras (en los términos comentados anteriormente es como si el violinista, en su fase de estudiante, de pronto se transformase en el experto corredor de la Fórmula 1); b) posteriormente, se han multiplicado muchos ejemplos de la misma índole, partiendo de células precursoras musculares, maduradas hasta células sanguíneas. O de células de médula ósea de ratas, transformadas en células hepáticas. Aún más interesante es que en Pensilvania los científicos consiguieron que células de médula ósea de ratones, inyectadas en los cerebros de ratones recién nacidos, sirvieron para producir nuevas neuronas; c) inmediatamente se han desarrollado algunas aplicaciones terapéuticas que, al menos en animales, parecen muy prometedoras. A algunos ratones que son modelo de esclerosis múltiple fueron inyectados en el cerebro con células precursoras neuronales procedentes de ratones sanos y algunos síntomas de los ratones enfermos se aliviaron. Otra aproximación parecida se ha realizado sobre ratones modelo de distrofia molecular de Duchenne, que fueron suministrados con células precursoras óseas y musculares, recuperando su capacidad de producir la proteína distrofina, cuya falta es la causa de la enfermedad. Y, para finalizar con estos ejemplos, en ratones y ratas con diversas afecciones neuronales degenerativas la aplicación de células precursoras procedentes de animales sanos ha conseguido mejorías como una mayor producción de la capa protectora nerviosa de mielina, o la recuperación de movimientos en animales paralizados.

ESPERANZA. Para regenerar órganos y tejidos, cuya única solución actual, en muchos casos, es acudir al trasplante, problemático por la escasez de órganos, lo ideal para evitar problemas inmunológicos sería disponer de células precursoras del propio paciente, con capacidad de diferenciarse hasta células del órgano o tejido dañado. ¿Será esto, alguna vez, posible?. Según los principales expertos el camino para lograrlo puede estar ya en sus comienzos mediante la técnica denominada transferencia nuclear de células somáticas, que ya se ha practicado en animales con otras finalidades como la obtención, por ejemplo de la clónica ovejita Dolly.

Recordemos que el proceso consistiría en fusionar una célula somática del individuo (es decir, una célula que no sea un óvulo o un espermatozoide) con una célula óvulo a la que previamente se le ha extraído el núcleo. De este modo, la célula híbrida resultante fusionada cuenta con la información genética del paciente. Y las señales moleculares existentes en la célula óvulo enucleada provocan que se inicie el proceso embrionario, con divisiones celulares en las que, al principio, las células son indiferenciadas y totipotenciales. Entonces, estas células embrionarias, antes de que se llegue a la etapa de desarrollo blastocístico, podrían ser utilizadas y cultivadas en el laboratorio, como fuentes de células precursoras utilizables para la reparación o regeneración de los tejidos u órganos del paciente necesitado de ello.

No se trata aún de aplicaciones prácticas reales. Pero sí se consideran como una gran esperanza real nacida, fundamentalmente, de avances científicos conseguidos en el año 1999.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Las enfermedades coronarias poseen unos altos índices de mortalidad y morbilidad en todo el mundo y, en muchos enfermos, hay que intentar reducir los riesgos de la agregación plaquetaria que facilitan las obstrucciones circulatorias. Las uvas y el vino tinto poseen unos componentes flavonoides polifenólicos que reducen la agregación plaquetaria. En el número de enero de la revista Journal of Nutrition se publica una investigación en la que se comparan los efectos de ingerir dia-

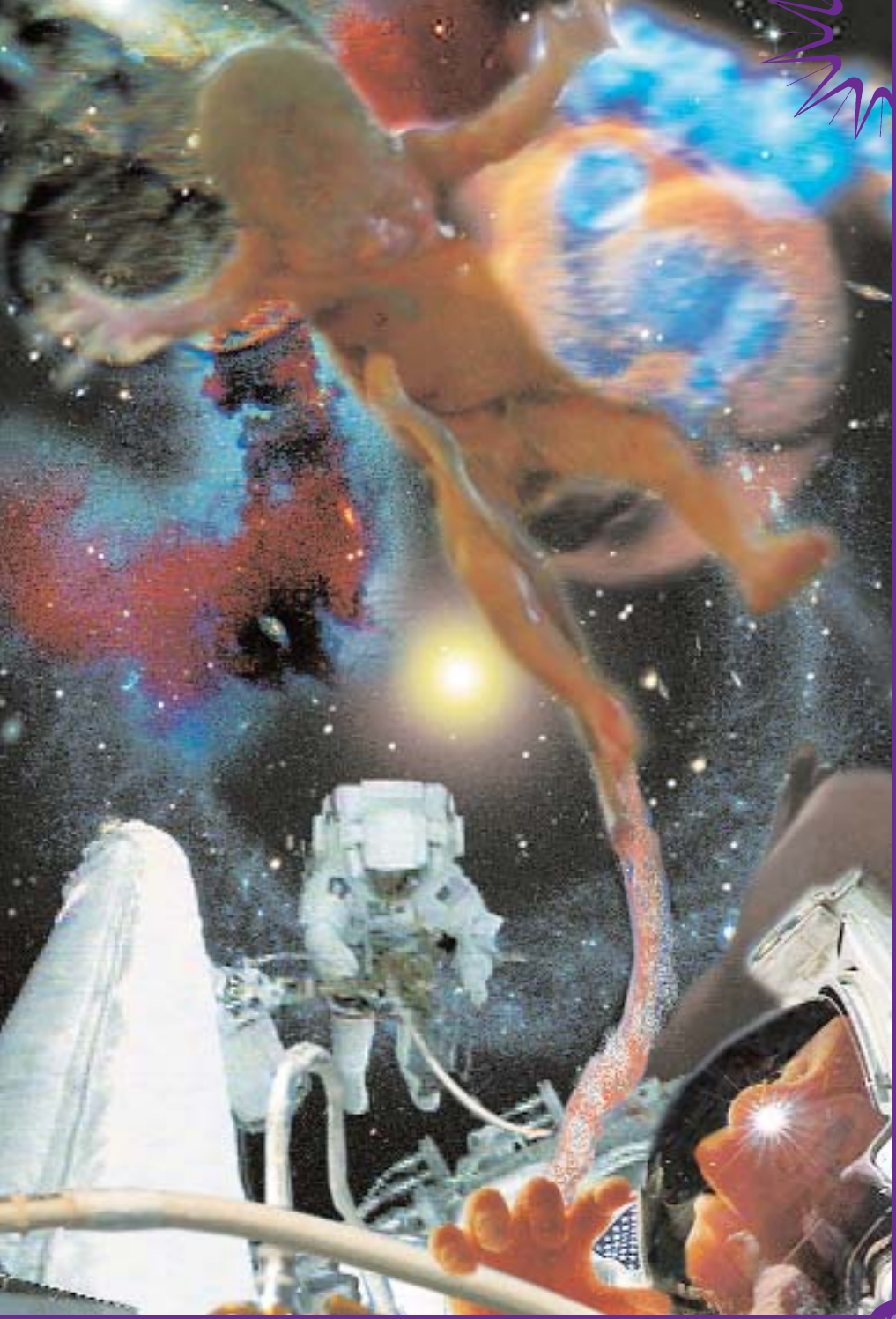
riamente durante una semana unos 6 mililitros (por kilo de peso) de zumo de uva negra, zumo de naranja o zumo de pomelo. El zumo de uva mostró un excelente efecto inhibidor de la agregación plaquetaria, mientras que los efectos de los de naranja o pomelo fueron mínimos.

DIABETES

En el último número de la revista Neurology se publica una extensa investigación en la que se han estudiado durante cierto tiempo la evolución de un gran número de personas afectadas con diabetes de tipo II. Los resultados indican que las complicaciones vasculares asociadas a este tipo de diabetes pueden provocar otras consecuencias indeseadas. Por ejemplo, las personas con diabetes de tipo II poseyeron unas posibilidades de desarrollar demencias que fueron un 9% superiores a las de los controles. Lo mismo es aplicable respecto a la enfermedad de Alzheimer.

BIOTECNOLOGÍA

¿Se podrá sustituir algún día el teñido del cabello para disimular las canas por una intervención de terapia génica?. Parece lejano ese día, pero en el número de enero de la revista Nature Biotechnology se publica una investigación interesante al respecto. Se ha realizado sobre cultivos celulares procedentes de ratones albinos, cuyo albinismo se debía a un fallo en el gen codificador de la enzima tirosinasa. Mediante la introducción en el cultivo de un corrector de la secuencia genética errónea se pudo reparar el defecto y las células se transformaron desde la forma albina hasta la pigmentada.



© PACO HERNÁNDEZ

Totipotencia umbilical

TOTIPOTENCIA UMBILICAL

Células totipotentes, pluripotentes o multipotentes. Células raíz, progenitoras, precursoras, madres o troncales. ¿Se trata de mero léxico científico?. No, ya que existen suficientes datos para esperar que en el futuro, un mejor conocimiento de algunas de estas células permitirá su uso para reparar o sustituir nuestros órganos y tejidos enfermos, sin graves problemas inmunológicos de rechazos. Entre ellas, ofrecen un interés especial las del cordón umbilical.

Lo ideal será que comencemos aclarando algunos conceptos. La mayoría de las células humanas contienen núcleo y dentro del núcleo se encuentra el genoma en forma de cromosomas, constituidos por moléculas de ADN que contienen todos nuestros genes.

Pero, ¿nuestros genes suelen ser operativos en todas las células?. En absoluto. Las células diferenciadas (músculo, hígado, riñón, etcétera) posiblemente sólo pueden expresar alrededor del 10% de su capacidad genética como contrapartida a su especialización. Existe una relación inversa entre especialización y cantidad de información genética expresable.

Lo ideal sería poder disponer de células indiferenciadas, mejor aún si son del propio organismo, conservarlas en el laboratorio y cultivarlas, dominando los mecanismos que conducen a su diferente especialización, para usarlas, más o menos diferenciadas, en la reparación o sustitución de órganos y tejidos defectuosos.

Pues bien, no se trata de sueños, sino de investigaciones difíciles, pero ya en

marcha, con la participación de muchos científicos y empresas. Y colateralmente aparecen y aparecerán nuevos dilemas éticos como el del posible uso terapéutico de las células embrionarias.

EMBRIONES. Cuando la célula inicial de un huevo fertilizado comienza a dividirse, estas células iniciales son totipotentes, es decir, que a partir de tan sólo una de ellas se puede obtener un organismo total, con sus órganos y tejidos diferenciados. Por ello, un embrión, en sus primeras etapas de desarrollo, se podría dividir, dando lugar a otros embriones que producirían organismos clónicos. Pero supongamos que el desarrollo embrionario prosigue. A los cinco días tras la fertilización se forma una especie de bola hueca que posee unas 100 células y se denomina blastocisto. Las células del exterior darán origen a la placenta. Las del interior, aproximadamente unas 50, al embrión. Estas 50 células son pluripotentes, lo que significa que, a partir de una de ellas ya no sería posible obtener un organismo, pero sí tienen capacidad para transformarse en casi cualquier tipo de tejido. Si continúa el desarrollo embrionario las células se convierten en multipotentes y sólo pueden originar clases de células ya especializadas.

Por cierto, la gran novedad científica que supuso la obtención clónica (a partir de una célula de mama madura de su madre biológica) de la ovejita Dolly fue el comprobar que, aunque en la Naturaleza no ocurre así, en el laboratorio, en condiciones muy específicas, se podía volver atrás el proceso de especialización con lo que el genoma de una célula especializada (como la de mama) se convertía en un genoma totipotente, capaz de desarrollo embrionario y de producir un individuo completo.

En resumen, lo que sería de gran interés para muchas situaciones patológicas, entre las que destacan las enfermedades hematológicas, sería disponer de células precursoras para sustituir a las problemáticas. Los casi 100 gramos de sangre de la placenta y del cordón umbilical están siendo una solución que cada vez ofrece más posibilidades y está salvando centenares de vidas.

CORDÓN UMBILICAL. En 1972 apareció la primera pista sobre el posible interés clínico de la sangre del cordón umbilical, cuando dos médicos americanos

la utilizaron en una transfusión de sangre a un muchacho con leucemia de 16 años. A las pocas semanas comprobaron que la sangre del chico contenía células rojas identificables como desarrolladas a partir de las células transfundidas. En 1989 se pudo demostrar que la sangre del cordón umbilical humano contenía una gran cantidad de células precursoras, tantas como las de la médula ósea. Se trata de células madre hematopoyéticas, de células que pueden servir de precursoras de cualquier especie celular sanguínea, desde los hematíes que transportan el oxígeno a los tejidos, a los leucocitos protagonistas de los sistemas de defensa inmunológicos o las plaquetas protagonistas de los procesos de coagulación que facilitan la cicatrización de las heridas. E, incluso, pueden convertirse en células cerebrales de sostén, como las microglías.

Los trasplantes de médula ósea están siendo de extraordinario valor en la Medicina moderna. Sin embargo, sus limitaciones son evidentes, sobre todo por los problemas derivados del hallazgo de donantes lo más histocompatibles posibles. Las investigaciones sobre la sangre de cordón umbilical están abriendo nuevas posibilidades. En principio, diversas patologías hematológicas podrían resultar beneficiadas: leucemias, anemias falciformes, anemias de Falconi, inmunodeficiencia combinada grave, enzimopatías genéticas como la enfermedad neurológica de Hurler, etcétera.

El desarrollo incompleto del sistema inmunitario en el recién nacido hace que el trasplante de sangre del cordón umbilical sea menos problemático que el de médula ósea, incluso entre donantes y receptores no emparentados, tal como demostró el equipo del Dr. Gluckman en 1997. Por ello, actualmente, un 75% de los trasplantes de sangre de cordón umbilical se realizan con donantes y receptores no emparentados entre sí. También disminuye drásticamente el riesgo de transmisión de citomegalovirus.

Por otra parte, la creación y conservación de bancos de sangre de cordón umbilical sería bastante viable ya que cada nacimiento que ocurre lleva aparejada la posibilidad de recoger la sangre del cordón. Son centenares de millones los nacimientos que ocurren al año, mientras que, vale la pena recordar, tras varios años de generosos y valiosos esfuerzos, el Registro Internacional de Donantes de Médula Ósea cubre unos 10 millones de donantes.

BANCOS. Ante las ventajas potenciales, no es de extrañar que numerosos hospitales e institutos clínicos hayan establecido bancos de sangre de cordón umbilical en beneficio de quien pueda necesitarla. Y que aparezcan iniciativas comerciales que se ofrecen a los padres de los recién nacidos para conservar, a cambio de una remuneración económica periódica, las células precursoras de la sangre del cordón umbilical para su futuro uso en caso de que el que ya sería adolescente o adulto la necesitase.

Pero, además de ventajas, también existen riesgos y problemas. Por ejemplo, la pequeña concentración de células precursoras presentes en la sangre de cordón umbilical hace que su beneficio sea menor en el caso de receptores adultos o de niños con peso superior a los 15 kilos. Y es difícil garantizar la ausencia de virus o enfermedades genéticas en las donaciones.

Una duda ética sería quién debe dar el permiso para la donación. El cordón umbilical, ¿pertenece en exclusiva a la madre, o al niño?. ¿Se necesita acuerdo entre los progenitores?. Otra duda ética sería la de si es legítimo que una compañía comercial posea en depósito unas células que pudieran ser necesarias para otra persona diferente a la que fue su donante. O, en el caso de la cesión gratuita a un Banco público de sangre de cordón umbilical, ¿qué problemas legales existirían si el donante la necesitase posteriormente y ya hubiese sido utilizada con anterioridad?

En todo caso, la Medicina está abriendo otra puerta de esperanza, que hará posible que algún día futuro un niño con ciertas patologías pueda curarse con sangre de cordón umbilical procedente de un banco de donantes o con su propia sangre de cordón umbilical reparada por las modernas técnicas de la Biología Molecular.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El control de los niveles de colesterol, aparte del cuidado de la dieta, se facilita cada vez más según están disponibles más fármacos para conseguirlo, tal como ocurre con las estatinas, que inhiben la propia biosíntesis intracelular del coleste-

rol, reduciendo los riesgos cardiovasculares. Entre ellas (nombres genéricos) están lovastatina, simvistatina, pravastatina, fluvastatina y atorvastatina. Otra estrategia diferente es la de reducir la absorción del colesterol presente en nuestra dieta, para lo que pueden utilizarse enlazadores de los ácidos biliares (colestiramina, colestipol), ácido nicotínico o ácidos fíbricos (clofibrato, gemfibrozil).

QUÍMICA COMBINATORIA

La química combinatoria es una nueva rama actual de la Química muy adecuada para la obtención de nuevas moléculas. Se basa en el empleo de variados materiales de partida sencillos y en su unión sistemática en todas las combinaciones posibles, usando procedimientos químicos, biológicos o biosintéticos, con lo que se crean rápidamente un gran número de compuestos químicos estructuralmente relacionados entre sí. Algunos de los recientes Premios Nobel de Química se han distinguido por sus trabajos en esta área.

ANTIINFLAMATORIOS

En España la investigación química posee un nivel destacable y diversos grupos usan las estrategias de la Química combinatoria. Por ejemplo, el dirigido por el profesor Pedro Molina, del Departamento de Química Orgánica de la Universidad de Murcia, que ha realizado la síntesis en fase sólida de estructuras pirimidínicas con actividades in vivo en ratones, así como la de estructuras bis-guanidinas, que también son potenciales agentes antiinflamatorios e inmunomoduladores.

DE CLONES, TRONCOS Y ANIMALES

El 8 de enero del 2001 la empresa Advanced Cell Technology, de Worcester, USA, anunciaba el nacimiento del primer animal clónico perteneciente a una especie amenazada de extinción. Se trataba un bóvido salvaje cuyo hábitat natural está situado en el Sudeste asiático. Previamente esta empresa ya había obtenido otros animales clónicos, como vacas domésticas. Con ello demostraban la calidad científica de sus investigadores.

Científicos de esta misma empresa, hace unos días, describían en un artículo insertado en la revista científica electrónica The Journal of Regenerative Medicine (www.liebertpub.com/ebi/default1.asp) cómo hace algo menos de dos meses obtuvieron el primer embrión humano mediante transferencia nuclear (clonación). Los resultados, dada su trascendencia pública, se han situado, como exclusiva, accesible libremente en el portal web de la reputada y conocida revista científica Scientific American (www.scientificamerican.com/)

CLONACIÓN. Como células receptoras del material genético (es decir, de los núcleos) utilizaron los óvulos de 12 mujeres con características idóneas fisiológicas, en los días más adecuados de sus ciclos menstruales, tras un tratamiento hormonal para que ovulasen unos 10 óvulos en lugar de los usuales uno o dos. Como células donadoras de los núcleos primero realizaron intentos con fibroblastos (ciertas células específicas cutáneas), pero no tuvieron éxito, por lo que acu-

dieron al procedimiento utilizado por Teruhiko Wakayama (actualmente investigador en la empresa Advanced Cell Technology), en 1998, para obtener los primeros ratones clónicos, es decir, inyectar en las células receptoras enucleadas núcleos o células enteras ováricas conocidas como cumulus, no reproductoras, sino somáticas, que usualmente aportan alimentación a los huevos desarrollándose en el ovario. En total, los investigadores realizaron 71 ensayos con células donantes. De ellos, 8 lo fueron con células cumulus. En dos casos se formaron embriones de 4 células, progresando uno de ellos hasta las seis células, antes de que el crecimiento se parara.

¿Qué significado tiene esta investigación tan esperada por unos y tan denostada por otros?. Desde el punto de vista estrictamente científico o tecnológico no aporta absolutamente ninguna novedad. Todo lo conseguido lo había sido ya con anterioridad en mamíferos y con células donantes de núcleos más «espectaculares» que las usadas. Desde el punto de vista de la posible obtención, a partir de las células embrionarias blastocísticas, de células diferenciadas de órganos y tejidos, usables terapéuticamente, las posibilidades abiertas sí son inmensas. A partir de las células somáticas de un paciente se podrían conseguir formas embrionarias que podrían producir células madres o precursoras de órganos y tejidos, utilizables para sanarlos, sin fenómenos de rechazo.

¿ÉXITO? ¿Qué opinar desde un panorama ético, moral y legal?. Aquí el terreno es más resbaladizo y la disparidad de opiniones es mayor. Existe una amplia mayoría científica y social que considera inaceptable la clonación reproductiva, destinada a la obtención de seres humanos. Pero, respecto a la clonación con fines terapéuticos, las posturas son más variadas. En todo caso, hay que indicar que ciertas consideraciones éticas han sido tenidas en cuenta por los investigadores de Advanced Cell Technologies y, como mínimo, deberían ser conocidas por los que desen opinar sobre estos aspectos.

La que se ha denominado como primera clonación humana, científicamente está mal definida, ya que no ha llegado al estadio preciso para poderla clasificar como tal, pero ha puesto de manifiesto una gran polémica ética que afecta a muchos de los desarrollos modernos de la Biología Molecular, en los que están

muy relacionados entre sí términos como Terapia génica, Medicina reparadora, clonación, células troncales (precursoras, madres, totipotentes, pluripotentes, multipotentes), xenotrasplantes, etcétera.

TERAPIAS. En las enfermedades, usualmente existen órganos o tejidos afectados a los que pretendemos devolver la normalidad. Hasta ahora, los tratamientos terapéuticos no solían resolver el origen último de la enfermedad sino tan sólo anular o mitigar sus consecuencias. En los últimos años es evidente que los grandes avances realizados en la genética humana, la biología celular, la biología molecular e, incluso, la terapia génica han permitido imaginar unos nuevos, más prometedores y definitivos tratamientos terapéuticos basados en la terapia celular y molecular, es decir, intentar la sustitución definitiva de los genes, células, órganos o tejidos con problemas. En el caso de órganos ello se puede conseguir con los trasplantes, cuyas limitaciones principales son su escasez y el control de la respuesta inmunológica, su rechazo. De ahí, que el xenotrasplante, a partir de órganos animales, se presente como una alternativa muy interesante, que comentaremos en el próximo artículo.

En cuanto al abordaje genético-molecular, la terapia génica, que tantas ilusiones despertó, presenta unas dificultades técnicas y científicas de gran envergadura que dificultan su aplicación masiva o con buenos resultados. Los avances en terapia génica siguen siendo muy lentos y en campos colaterales. Posiblemente tendremos que clasificarla como una esperanza a medio y largo plazo. Sin embargo, las posibilidades de la terapia celular han sufrido unos avances espectaculares en los últimos dos o tres años, ligados a los nuevos conocimientos genético-moleculares y celulares sobre los procesos de especialización, desespecialización y diferenciación celular. Ello permite soñar, con cierto fundamento, que pronto serán realidades prácticas diversas terapias humanas que corrijan los defectos de órganos y tejidos enfermos, sustituyendo las células dañadas por otras capaces de desarrollarse y diferenciarse que se integren en el órgano o tejido afectado, consiguiendo su reparación. Ello afectaría a la mayor parte de las enfermedades humanas más importantes, incluyendo las degenerativas (cardíacas, diabetes, Parkinson, Alzheirner, ciertos cánceres, y un largo etcétera). Es en esta nueva perspectiva donde las células troncales, progenitoras o madre alcanzan su mayor protagonismo.

TRONCALES. El desarrollo de un organismo humano supone, además de la proliferación celular a partir del huevo fecundado, la diferenciación de líneas celulares que darán lugar a las distintas estructuras y tejidos corporales (músculo, páncreas, riñón, hígado, etcétera). La diferenciación celular consiste en el desarrollo a partir de una célula original de poblaciones celulares especializadas, morfológica y funcionalmente, siguiendo un patrón temporal y espacial perfectamente definido cuyo desarrollo depende de múltiples factores cuya expresión suele estar controlada por genes.

Todas las células somáticas de un organismo poseen la misma información genética, pero la regulación diferencial de su expresión génica en el tiempo y en el espacio es la clave de los procesos de desarrollo y diferenciación. Conforme la diferenciación y especialización de una célula es mayor (por ejemplo células hepáticas o musculares, comparadas con otras menos diferenciadas) el número de genes que expresan es menor porque, usualmente, existen factores de transcripción que impiden la expresión de ciertos genes y estimulan (diferencialmente) las de otros. En ese camino de especialización a partir de la célula inicial del huevo fertilizado se pueden distinguir varias etapas en las que las células pueden ser totipotentes, pluripotentes o multipotentes. (Véase el artículo Totipotencia Umbilical).

Pero las células precursoras, troncales o madres no sólo se pueden obtener de embriones en desarrollo sino que en los últimos años se han explorado otras muchas posibilidades, con características especiales, que pudieran hacer innecesaria en el futuro la discusión sobre su obtención a partir de embriones de diversos tipos: a) congelados, de los almacenados en bancos, sobrantes de los utilizados en las fertilizaciones «in vitro»; b) obtenidos en el laboratorio a partir de células de otro embrión; c) conseguidos con técnicas de clonación terapéutica, como la que tanta repercusión está teniendo estos días; d) procedentes de reprogramación genética, procedentes de la fusión de una célula somática del donante de la información genética, con una célula receptora embrionaria no humana, por ejemplo de ratones. El precedente tuvo lugar en 1997, cuando se logró una célula híbrida entre timocitos y una célula madre embrionaria de ratón, que fue capaz de diferenciarse en una variedad de tipos celulares de modo parecido al que lo hace una típica célula madre embrionaria, con menos problemas éticos que los originados por la clonación terapéutica.

ALTERNATIVAS. Existen más alternativas para la obtención de células troncales o madre. A continuación, sucintamente, vamos a citar algunas posibilidades diferentes de conseguir estas células precursoras en sus diferentes estadios de diferenciación y con algunas aplicaciones que comienzan a ser interesantes, comenzando por recordar que las de la sangre se están utilizando desde hace unos 40 años, obtenidas de médula ósea, sangre periférica o cordón umbilical. Las células troncales de la médula ósea son capaces de diferenciarse a células específicas de órganos y tejidos (por efecto de factores cada vez más conocidos) tras ser inyectadas en los mismos, transformándose in situ en células de tales tejidos: corazón, músculo, hígado, pulmón o intestino. Las de sangre periférica y cordón umbilical cada vez se utilizan más, obtenidas por aféresis, creciéndolas in vitro en el laboratorio antes de reinyectarlas al paciente sometido a radioterapia o quimioterapia intensivas.

De fetos procedentes de abortos naturales se pueden obtener células que tienen capacidad de diferenciación, convirtiéndose en productoras del neurotransmisor dopamina. Por ello, desde hace unos años, López-Lozano, en Madrid, ha realizado diversos trasplantes de tejido de mesencéfalo de fetos a pacientes con Parkinson. Según sus datos el 60% de los 42 pacientes a los que se les ha realizado la operación han mostrado mejoría clínica en un período de más de siete años. Sin embargo, otros investigadores son más críticos respecto a estas técnicas.

NO-EMBRIONARIAS. En 1999, el grupo de Angelo L. Vescovi demostró que las células troncales no tienen necesariamente que proceder de embriones para que sean capaces de transformarse en células diferenciadas. Desde entonces, se han encontrado en una gran variedad de tejidos humanos, frecuentemente en concentraciones muy pequeñas, que disminuyen con la edad, no habiéndose localizado aún en algunos lugares específicos como corazón o los islotes pancreáticos. Estas células procedentes de adulto suelen ser más multipotentes que pluripotentes lo que facilita el control y uso de su diferenciación.

En tejido graso procedente de liposucciones, el grupo de Zuck ha obtenido, recientemente, células capaces de diferenciarse en otras como las de hueso, cartílago, músculo o adipositos maduros. En el cerebro adulto también existen célu-

las troncales que, convenientemente diferenciadas, está comenzando a investigarse para su uso potencial en enfermedades degenerativas como Parkinson, Alzheimer o en lesiones de médula espinal, traumas e infartos cerebrales. En este año y el pasado existen numerosos trabajos al respecto. Concretando a la zona cerebral del bulbo olfativo, existe una región de intensa proliferación que pueden diferenciar, en condiciones adecuadas, hasta las tres formas clásicas de células nerviosas: neuronas, astrocitos y oligodendrocitos. Ello también abre perspectivas futuras para el tratamiento de enfermedades como las citadas anteriormente.

Por último citar que, con peculiaridades propias, situaciones análogas se han dado en otros órganos o tejidos: córnea, retina, folículos pilosos, piel, conductos pancreáticos (habilitándolas como productoras de insulina, pensando en trasplantes para diabéticos), musculares, etcétera.

Pero, no nos alborocemos demasiado de antemano. Hace falta mucha investigación básica para que sepamos controlar y determinar los fenómenos de diferenciación celular. Y, después, habrá que vencer un sinfín de obstáculos para que sea viable prácticamente la utilización de las células precursoras en la reparación de un daño específico e, incluso, en la construcción de un nuevo órgano sobre una matriz polimérica adecuada. Lo importante es que, pese a las dificultades, el camino de la Medicina reparadora celular ya está abierto.

XENOTRASPLANTES: BARRERAS Y PLANTEAMIENTOS

Tal como indicábamos en el artículo anterior, en éste trataremos sobre la situación de los xenotrasplantes, tomando como guía la reciente presentación hecha al respecto por los profesores Parrilla y Ramírez, reputados especialistas en el tema, con motivo de la reciente celebración en Murcia del Tercer Congreso Nacional de Bioética.

Dejando aparte antiguos relatos míticos e historias posteriores poco creíbles, el xenotrasplante o trasplante de órganos animales a hombres, con finalidad clínica, se inició a mitad del siglo pasado. Pero pronto se hizo presente que el rechazo inmunológico constituía su principal limitación, rechazo que es tanto más intenso cuanto el animal esté filogenéticamente más alejado del hombre. La existencia de xenoanticuerpos naturales que activan al sistema sanguíneo del complemento humano era la causa principal del conocido como rechazo hiperagudo que origina que los órganos xenotrasplantados se necrosen casi inmediatamente, con el consiguiente fracaso.

CONVENIENCIA. Como casi simultáneamente tuvo lugar el desarrollo y éxito de los programas clínicos de alotrasplantes entre humanos donantes y receptores, durante unas décadas las investigaciones sobre xenotrasplantes se debilitaron. Sin embargo, en el transcurso de la pasada década el tema resurgió nuevamente con fuerza, debido principalmente a dos factores: a) el desarrollo de las ciencias básicas como la Biología Molecular, la Genética y la Inmunología; b) la carencia de sufi-

cientes órganos de donantes humanos capaces de satisfacer la gran demanda existente de los mismos.

Por ello, pronto se intensificaron las investigaciones y se llegó a la interesante conclusión de que, globalmente, la fuente más idónea de órganos xenotrasplantables era el cerdo y que para evitar los fenómenos de rechazo se podía acudir a la biotecnología, obteniendo cerdos transgénicos capaces de anular la activación del sistema complemento humano. Para ello, los cerdos transgénicos habrían de ser capaces de expresar en su endotelio a inhibidores fisiológicos del sistema humano del complemento. Otro paso adelante sería la futura obtención clónica de tales cerdos transgénicos ya que de ese modo se contaría con un material de partida controlado y totalmente reproducible.

Los primeros éxitos llegaron pronto y ya existen casi media docena de empresas biotecnológicas que han obtenido cerdos transgénicos capaces de expresar los inhibidores del complemento, lo que significa la desaparición del rechazo hiperagudo cuando sus órganos son xenotrasplantados. Pero aunque el camino recorrido sea grande y las esperanzas futuras estén fundadas, sin embargo, ello no significa que estemos en condiciones de una inmediata aplicación clínica. Existen barreras que superar, algunas de cierta importancia.

BARRERAS. Se puede simplificar la enumeración de los obstáculos a vencer clasificándolos en tres categorías: a) inmunológicos; b) fisiológicos, y c) infecciosos.

En cuanto a los inmunológicos ya hemos señalado que los avances biotecnológicos han permitido superar el problema del rechazo hiperagudo. Sin embargo, con ello no finalizan las complicaciones inmunológicas ya que existen otras respuestas inmunológicas fuertemente adversas que se han puesto de manifiesto al incrementarse la supervivencia de los animales receptores de xenotrasplantes: por una parte, rechazo vascular retardado y rechazo celular, así como otro rechazo, el crónico de injertos. Aún no son bien conocidos los mecanismos íntimos de estos procesos de rechazo, por lo que su combate todavía no ha conseguido todo el éxito deseado. El rechazo vascular agudo ha sido estudiado principalmente en xenotrasplantes de cerdos transgénicos a primates, llegando a ser controlado el

fenómeno mediante el suministro intensivo de sustancias inmunosupresoras, pero la consecuencia directa o indirecta de ello provoca el fallecimiento del animal trasplantado. En cuanto al rechazo celular y al crónico del injerto se han descubierto al estudiar monos trasplantados con riñones de cerdos transgénicos, lográndose supervivencias que, en algunos casos, han superado los tres meses.

Los condicionamientos fisiológicos hacen referencia a la necesidad de un posterior buen funcionamiento, tras el trasplante, del xenoórgano. Por ahora, los datos que se van reuniendo son esperanzadores. En Cambridge, cuando se trasplantaron riñones de cerdos transgénicos a monos, se pudo comprobar la funcionalidad de los órganos trasplantados y que las complicaciones que acompañaron el proceso, tales como la necesidad de suministro de eritropoyetina, son salvables. Una situación análoga, o mejor, ha tenido lugar en experiencias de corazones de cerdos transgénicos xenotrasplantados a monos. Una mención especial merece el xenotrasplante hepático, ya que ha sido en España, en el Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia, donde en el año 2000 el equipo dirigido por los Drs. Parrilla y Ramírez realizó por primera vez en el mundo un xenotrasplante hepático de cerdo transgénico h-DAF a babuinos, demostrando la buena operatividad hepática, sobreviniendo la muerte de los babuinos por causas extrahepáticas.

Respecto al riesgo de infecciones, las más difíciles de conocer y controlar serían las de transmisión a los humanos de unos nuevos, desconocidos e hipotéticos retrovirus porcinos. Para regular la situación se está trabajando intensamente a fin de establecer las mayores condiciones de bioseguridad a lo largo de todo el proceso.

MÁS. Aunque los xenotrasplantes de órganos sólidos a humanos aún no están en condiciones de constituir una práctica clínica habitual comienzan a existir otro tipo de operaciones con xenoórganos, xenotejidos y xenocélulas cuya aplicación clínica puede ser más inmediata.

De este modo, se puede hablar como una realidad clínica el conocer que se han hecho xenotrasplantes de células porcinas en algunos casos de enfermedad de Parkinson. Y para casos graves de diabetes de tipo I ya existen datos de ensayos clínicos de fase II en los que se están xenotrasplantando islotes pancreáticos a fin de

restaurar la producción de insulina en los pacientes. Menor éxito ha tenido otra posibilidad explorada que ha consistido en el intento de utilizar hígados porcinos para la realización de perfusiones extracorpóreas en algunos casos sin otras alternativas, tales como fallos hepáticos fulminantes o hepatopatías terminales.

Otra posibilidad que actualmente se está analizando parte del hecho ya comprobado de que, por ahora, la supervivencia de los animales, como monos, sometidos a xenotrasplantes, se puede medir en términos de días o meses, aunque aún no estén resueltos los problemas que darían lugar a un mejor pronóstico. En tal caso, ante un paciente necesitado inmediatamente de un trasplante, pero con la situación de que todavía no se cuenta el órgano adecuado, ¿sería lícito realizar un xenotrasplante para aumentar ese periodo de espera y mantener al paciente con vida hasta conseguir el órgano adecuado?

En suma, en el artículo anterior comentábamos los limitados resultados obtenidos, hasta ahora, por la Terapia Génica y el futuro esperanzador que se ofrece ante la tecnología de las células precursoras o madre. En la lucha contra la enfermedad la del xenotrasplante cabe esperar que, en el futuro, pueda convertirse en otra de las armas eficaces. Se ha avanzado mucho, faltan muchos temas que resolver pero el camino andado hasta ahora permite tener esperanzas para el futuro.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Polémica sobre los carragenatos. Se derivan de las algas marinas y son espesantes usados en flanes, pudines, helados, cremas, caramelos blandos, etcétera, para mejorar su textura. Usualmente su alto tamaño molecular les hace indigeribles por lo que se les asimila a la fibra, pero suelen contener una pequeña proporción de carragenatos degradados, que son de menor tamaño. El problema es que se ha demostrado que estos carragenatos degradados pueden favorecer el cáncer de colon en ratas. La polémica: ¿se puede extrapolar este peligro a humanos?. No hay respuesta clara todavía, que puede depender de las cantidades ingeridas y de la naturaleza de las floras bacterianas transformadoras existentes en el intestino de ratas o en el intestino humano. Es, pues, necesario realizar más inves-

tigaciones.

VOLCÁN SUBMARINO

Cuando en enero de 1999 un submarino científico americano se encontraba en la zona ártica de Gakkel Ridge tuvo lugar una erupción volcánica submarina que fue estudiada por varios científicos, entre ellos la Dra. Maya Tolstoy, de la Universidad de Columbia, quien, tras posteriores investigaciones realizadas en el barco Healy, un guardacostas rompehielos, en artículos publicados recientemente en las revistas Nature y Geology revela que, por primera vez, se ha demostrado que el origen de la erupción no era en la corteza terrestre, como se creía hasta ahora que sucedía siempre, sino que el magma procedía del manto terrestre.

RONQUIDOS

Tras la menopausia, hasta un 15% de las mujeres sufren desórdenes respiratorios en el sueño debidos a obstrucciones parciales de los alvéolos pulmonares lo que conduce a ronquidos, fatiga, somnolencia diurna y a acumulación de dióxido de carbono en dichos alvéolos. En el último número de la revista European Journal of Respiration se incluye una investigación realizada en Turku, Finlandia, demostrando que la administración nocturna de una dosis de 60 mg de la hormona sintética acetato de medroxiprogesterona (utilizada en terapias posmenopáusicas) corrige la situación de una manera muy efectiva.

LESIONES MEDULARES: ¿SOLUCIONES CERCANAS?

«La primera, más sencilla, directa y honesta proposición que hacer al respecto de ello es la de que simplemente no sabemos cómo serán las perspectivas futuras». Así de clara y contundente era la conclusión de un reciente artículo de revisión sobre este tema escrito por unos excelentes investigadores suizos publicado en una importante revista científica.

Ello no es obstáculo para reconocer que hace diez años los expertos en el tema considerasen como ciencia-ficción la posible regeneración nerviosa de la médula espinal dañada, mientras que hoy, una buena proporción de ellos cree que existen algunas esperanzas al respecto que podrían concretarse en un plazo indeterminado, pero presumiblemente, de años, no de décadas.

AVANCES. Por tanto, esta mezcla de esperanza y cautela también debe mantenerse en relación con las noticias últimas sobre los trabajos de investigación del grupo de la Dra. Almudena Ramón Cueto, ya que en algunos medios de comunicación se han presentado los resultados como premonición del tratamiento clínico inmediato de los traumatismos medulares y como una probable solución a las secuelas funcionales irreversibles de este tipo de lesiones, como son la paraplejia o tetraplejia.

Por ello es importante insistir a los lectores no especializados que efectiva-

mente tales trabajos, al igual que otros que se están realizando por parte de numerosos grupos investigadores en todo el mundo, suponen un avance importante en las investigaciones básicas que se efectúan para comprender este enorme problema médico, pero que la reparación efectiva de las lesiones del sistema nervioso central, no está cerca, y mucho menos una aplicación clínica sistematizada a pacientes que presentan lesiones medulares.

Las lesiones traumáticas de la médula espinal en el hombre, como en todos los mamíferos, se acompañan de trastornos funcionales permanentes e irrecuperables, algo que se conoce con el término de paraplejia o imposibilidad de mover y sentir los miembros inferiores. Estos trastornos funcionales permanentes se deben a que las fibras nerviosas dañadas o lesionadas en la médula espinal son incapaces de regenerar y crecer de nuevo, de forma espontánea, en las distancias necesarias para alcanzar los núcleos con los que formaban parte de un determinado circuito nervioso responsable del movimiento voluntario de las extremidades, o de las sensaciones periféricas de éstas.

CAJAL. Desde los tiempos del ilustre D. Santiago Ramón y Cajal, quien dedicó gran parte de sus esfuerzos al estudio de este problema del fracaso de la regeneración axonal en el sistema nervioso central, se han producido muchos e importantes descubrimientos científicos que han ayudado a comprender el problema. Uno de los descubrimientos iniciales más importantes fue realizado por el grupo de Albert Aguayo a comienzos de la década de los 80. Este grupo documentó que las fibras nerviosas lesionadas en la médula espinal, y, por tanto, intrínsecas al sistema nervioso central, tenían capacidad de regenerar de nuevo en distancias importantes cuando se sustituía el medio en torno de estos axones en el sistema nervioso central lesionado y se implantaban segmentos autólogos de nervio periférico, que servían a modo de puente entre el lugar de origen de las neuronas lesionadas y el lugar de inervación habitual de estas neuronas.

Siete años después, el mismo grupo realizó otra contribución fundamental al demostrar que estas neuronas no solamente podían regenerar sus axones, sino que éstos eran capaces de salir del injerto que les había servido de puente, extenderse de nuevo en el tejido del sistema nervioso central, arborizar y formar cone-

xiones sinápticas bien diferenciadas, capaces de modular la actividad electrofisiológica de las neuronas postsinápticas.

Concomitantemente otros grupos de investigación comenzaron a identificar y caracterizar algunos de los factores responsables del fracaso del crecimiento axonal en el sistema nervioso lesionado del mamífero adulto. Así, el grupo de Martin Schwab, a finales de la década de los 80 descubrió dos moléculas en la membrana de los oligodendrocitos maduros, que son inhibidores activos del crecimiento axonal. Este campo de trabajo ha seguido evolucionando y hoy día se piensa que existen múltiples moléculas en la matriz extracelular del sistema nervioso central adulto que son inhibitorias de la regeneración axonal. Paralelamente también se está estudiando en detalle, en los últimos años, los efectos de la propia lesión en la supervivencia de las neuronas lesionadas, y este es un campo muy activo en la actualidad.

PERSPECTIVAS. Las células de la glía envolvente, como las usadas en los trasplantes efectuados por el equipo de la Dra. Almudena Ramón Cueto, son un tipo especial de células del sistema nervioso central del mamífero adulto que permiten el crecimiento, durante toda la vida del animal, de los axones sensoriales de la mucosa olfatoria hacia el bulbo olfativo. Su utilización para facilitar posibles regeneraciones, comenzó a desarrollarse a finales de los 80 por el equipo del Dr. Manuel Nieto. Los experimentos iniciales también consistieron en realizar secciones medulares en ratas adultas e implantar al mismo tiempo células de la glía envolvente. Las utilizadas por ellos procedían de cultivos celulares. Estos experimentos sugerían que los axones seccionados a ambos lados de la médula espinal eran capaces de crecer de nuevo en la médula espinal por espacio de algunos milímetros, a ambos lados de la lesión medular.

Los datos ahora hechos públicos muestran los resultados funcionales de comportamiento de las ratas que presentaban lesiones medulares y que sufrieron después trasplantes de célula de la glía envolvente. En estos experimentos se presenta evidencia de que las ratas trasplantadas recuperan ciertos aspectos de la motilidad de las extremidades inferiores y son capaces de caminar de nuevo sobre planos inclinados. Se trata de un importante avance científico, pero hay que tener

precaución a la hora de intentar extrapolar éste, y muchos otros resultados científicos semejantes, previos o coetáneos, a la clínica humana.

Como muestra de la gran actividad científica existente en estas materias, he aquí algunas de los resultados que se han conocido en el poco tiempo transcurrido del presente año 2000: a) el pasado 30 de enero el actor Christopher Reeve, parapléjico desde 1995, sometido a ciertos implantes de estimulación eléctrica funcional, pudo levantarse de su silla de ruedas y recibir, erguido, un premio que se le otorgaba; b) administrando in situ proteínas promotoras del crecimiento nervioso, en ratas, científicos ingleses pudieron regenerar sensaciones y ciertas funcionalidades; c) científicos americanos también han logrado restaurar parcialmente el movimiento de ratas dañadas medularmente mediante implantes de células inmaduras espinales; d) un equipo científico multinacional ha identificado al gen «nogo», que bloquea el recrecimiento nervioso, por lo que siguen investigando el modo de anular a ese gen.

Ello se suma a otros muchos diferentes progresos realizados en los últimos años sobre el conocimiento de los mecanismos que pueden promover o inhibir la regeneración axonal. Hoy el panorama es diferente al existente hace unos pocos lustros, y se están abordando múltiples estrategias experimentales para promover el crecimiento axonal tras una lesión de la médula espinal en animales de investigación. Pero debe quedar claro que todavía hay importantes hitos que franquear antes de que se pueda siquiera comenzar a pensar en una aplicación clínica directa en humanos. El entusiasmo que embarga a los investigadores que se dedican a este campo ante el logro de los diversos e importantes avances científicos debe transmitirse siempre con exquisito cuidado y cautela a la sociedad, pero más aún a los pacientes que han sido víctimas de lesiones de la médula espinal. Pacientes, para cuyo estado funcional y emocional, todavía por desgracia, no existe un remedio terapéutico curativo.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Más datos sobre las relaciones entre café y patologías cardiovasculares. Los buenos consisten en la confirmación de que el café filtrado elimina algunos de los riesgos del café expreso, ya que en el papel de filtro se retienen ciertos compo-

nentes de naturaleza diterpénica que pueden contribuir a aumentar los niveles del conocido como «colesterol malo». Pero el exceso de su consumo, filtrado o expreso, resulta perjudicial, ya que tras dos semanas de ingerir diariamente el equivalente a un litro de la infusión, se incrementan los niveles del aminoácido homocisteína alrededor de un 15%, estando relacionado este aminoácido con un incremento del riesgo de sufrir patologías cardiovasculares.

ÁRBOLES

En la reciente reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) el Dr. Mahabir Gupta, de la Universidad de Panamá expuso sus hallazgos, realizados en colaboración con científicos de la Universidad de Navarra, demostrativos de que en la corteza de un árbol que crece en Argentina, existen compuestos cuyos extractos poseen unas asombrosas propiedades para combatir al virus VIH, responsable del SIDA.

© PACO HERNÁNDEZ

Telecirugía: Un inicio transatlántico

TELECIRUGÍA: UN INICIO TRANSATLÁNTICO

Hace unos días todos los medios de comunicación se hacían eco de una operación quirúrgica que habían realizado unos cirujanos de Nueva York. En realidad, se trataba de una operación poco complicada de las que suelen hacerse muchas en cualquier hospital: una colecistectomía laparoscópica, o lo que es igual, una extirpación de la vesícula biliar, a una mujer de 68 años.

¿Por qué tanta repercusión?. La novedad, la gran novedad, consistió en que la paciente estaba en Estrasburgo y los cirujanos en Nueva York, es decir, que se habían de recorrer más de 14.000 km desde la señal promovida por la mano de un cirujano hasta que éste visualizaba sobre una pantalla el resultado de la misma. Y ello sucedía con una demora de poco más de una décima de segundo, una fracción de tiempo casi imperceptible.

DIFICULTADES. Hasta hace poco se pensaba que, aun considerando superables las dificultades tecnológicas del desarrollo de instrumentos quirúrgicos robóticos o las de sistemas informáticos precisos, la telecirugía debería considerarse restringida a una distancia máxima de unos centenares de kilómetros, debido al retraso o lag que significa cualquier telecomunicación, en este caso el tiempo necesario para que la señal producida por el movimiento de la mano del cirujano se transforme en una señal electrónica que se traslade hasta el robot quirúrgico y la acción correspondiente grabada en vídeo sea retransmitida, llegue y sea vista por el cirujano.

La posibilidad del desarrollo de la telecirugía, realizada por robots quirúrgicos teledirigido a distancia por los mejores expertos cirujanos, abre unas posibilidades fascinantes. Con ello se eliminarían las restricciones geográficas, los costosos traslados de pacientes a centros de alta especialización o la escasez local de cirujanos muy especializados, mientras la contrapartida podría ser el disponer en cualquier momento y lugar de la tierra de la habilidad y sabiduría del mejor cirujano del mundo.

En los últimos años se han desarrollado en diversos y prestigiosos centros excelentes programas de Telemedicina, relacionados con el diagnóstico, consultas y tratamientos médicos e, incluso existen algunos de teleasistencia quirúrgica. Sin embargo, se pensaba que la realización a distancia de una intervención quirúrgica de cierta importancia no podría contemplarse en un futuro cercano por unas limitaciones técnicas evidentes. Los principales factores limitantes se clasificaban en dos categorías. La primera, el relativo alto tiempo necesario para convertir los movimientos quirúrgicos y las imágenes de vídeo en señales electrónicas. La segunda, las limitaciones de las telecomunicaciones en cuanto a anchura de banda y tiempo de transmisión.

TECNOLOGÍA. Para comprobar las máximas posibilidades de las técnicas actuales ya existentes hace algún tiempo se formó un equipo investigador mixto formado por científicos franceses del IRCAD (Instituto Europeo de Telecirugía, de la Universidad Luis Pasteur de Estrasburgo), con cirujanos americanos (Departamento de Cirugía Laparoscópica, del Mount Sinaí Medical Center de Nueva York). Todo ello apoyado en los sistemas robóticos Zeus desarrollados por la empresa californiana Computer Motion, y la red de comunicación a cargo de FranceTelecom/Equant. Sus innovadores resultados acaban de publicarse en la revista Nature.

El sistema robótico cuenta de dos subsistemas, respectivamente situados junto al cirujano y al paciente. En cuanto a las conexiones de la red de transmisión de datos por fibra óptica se utiliza la tecnología ATM (modo de transferencia asincrónica), con un ancho de banda de 10 megabits por segundo y con dos unidades NTU terminales en los extremos, capaces de ofrecer multiservicios a las diferentes

aplicaciones. Previamente se comprobó que al enviar información entre ambas terminales, en forma de paquetes de datos, no tenía lugar ninguna pérdida de tales datos.

En cuanto al tiempo de retraso de las señales, el transporte ATM a lo largo de los 14.000 km supuso sólo unos 80 ms (milisegundos) y el de codificación y decodificación de las señales de vídeo otros 70 ms, a los que había que añadir unos 5 ms de adaptaciones y de la conversión de los paquetes informativos desde el sistema Ethernet de los ordenadores al ATM. Sumado todo ello se obtuvo un total de 150-155 ms.

NY-EUROPA. Pero hasta llegar al paciente humano previamente se realizaron muy diferentes intentos y comprobaciones. La primera colecistectomía laparoscópica o extirpación de vesícula biliar, realizada a distancia, asistida por un robot quirúrgico, se realizó desde Estrasburgo, a un cerdo situado en París, unos 1.000 km de distancia. El tiempo de demora de la señal de ida y vuelta fue de 20 ms, pero se incrementó artificialmente hasta unos 550 ms para investigar la repercusión de la demora sobre el cirujano. La conclusión fue la de que era admisible una demora de hasta 330 ms.

Una vez bien entrenados los equipos el siguiente paso consistió en la realización con éxito de seis colecistectomías laparoscópicas robóticas desde Nueva York sobre cerdos localizados en Estrasburgo. La duración media de las intervenciones fue 45 minutos. Los tres cirujanos que habían operado desde Nueva York realizaron una valoración ciega subjetiva del proceso, desde 0 a 10 puntos (0 lo peor posible; 10 lo mejor posible) con los diversos factores relacionados con el mismo. La calidad de las imágenes mereció una calificación de 9,1. La gran velocidad de transmisión de las señales o la pequeña demora, se valoró con 8,5 puntos. Con 9,1 la coordinación conseguida para la electrocauterización. Y 8,7 alcanzó a seguridad y precisión del proceso global

Todo ello, con el permiso de la paciente y la aprobación de los respectivos comités éticos, hospitalarios, permitió la realización de la operación quirúrgica entre Nueva York y Estrasburgo de la que los medios de información informaron tan profusamente. El encendido y puesta a punto de los sistemas robóticos e infor-

máticos se realizó en 16 minutos y la vesícula fue extirpada en un tiempo total de 54 minutos, sin ninguna complicación intraoperatoria ni complicación postoperatoria, por lo que la paciente recibió el alta a las 48 horas.

Es indudable que, ahora mismo, el procedimiento es sólo experimental, con carácter de prueba e investigación. Los altos costos hacen inviable su generalización. Pero lo que hemos de valorar es su carácter pionero, lo que unido a los rápidos avances en robótica, comunicaciones e informática, asegura la certeza de la frase «la telecirugía ha nacido» así como el vaticinio de que le espera un futuro fascinante en beneficio de la humanidad enferma.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

Los riesgos cancerígenos de la ingesta de alimentos y, sobre todo agua, con restos de arsénico son mucho mayores (10 ó 15 veces) de lo que se creía, de acuerdo con un reciente estudio de la Academia Americana de las Ciencias, titulado «Arsénico en el agua de bebida. Actualización del 2001». Hasta ahora, el límite establecido por la EPA (Environmental Protection Agency) era de 50 p.p.b., pero los nuevos datos aconsejan que el límite máximo admisible en el agua de bebida sea inferior a las 10 p.p.b.

FISURA PALATINA

La fisura labial con o sin fisura palatina es uno de los principales defectos innatos que ocurren en los niños. Aunque la condición puede heredarse, también se da en forma esporádica, provocando en los afectados consecuencias sicológicas, de expresión verbal, de audición o de alimentación. En el último número de la revista Nature Genetics se indica el hallazgo del gen TBX22, en el cromosoma X, relacionado con la forma hereditaria de fisura palatina, así como del gen PVRL1, que predispone a que se desarrolle la forma esporádica. Las alteraciones de esos genes ocasionan las respectivas patologías.

VACAS LOCAS

Los efectos degenerativos de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, que es una forma humana de la enfermedad espongiforme bovina, conocida popularmente como enfermedad de las vacas locas, se han visto sorprendente y positivamente reducidos en una mujer británica, sospechosa de tener la enfermedad, actualmente residente en San Francisco, California, por la acción de la quinacrina, un viejo medicamento usado contra la malaria. Como la enfermedad de Creutzfeld-Jacob es fatal, el hallazgo ha hecho que en diversos países se hayan emprendido investigaciones a fin de comprobar su validez y generalización.

SYDNEY: FRAUDES EN EL PODIO

¿Cuántas de las medallas olímpicas conseguidas en las Olimpiadas de Sydney se están consiguiendo por la ayuda de sustancias ilícitas dopantes?. Sin duda, algunas, ya que los conceptos de deportividad, olimpismo y amateurismo se encuentran en la actualidad totalmente oscurecidos por los ingentes intereses económicos, la publicidad, los tremendos condicionamientos de los espectáculos mundiales de masas y por una profesionalidad más o menos encubierta.

Por ello, no es de extrañar que en una hipotética carrera olímpica de la ciencia, los científicos encargados de combatir el fraude resultaran batidos por aquellos que, en el deporte, usan la ciencia ilícitamente. De los problemas científicos del dopaje nos hemos ocupado con anterioridad. Lo hacíamos en 1992, durante las Olimpiadas de Barcelona, alertando contra las limitaciones que suponía la no realización de análisis de orina, lo que imposibilitaba, por ejemplo la detección de niveles anormales de la EPO, la hormona eritropoyetina, estimulante de la producción de eritrocitos y por tanto, del rendimiento energético aerobio. Con motivo de las Olimpiadas de Atlanta, en 1996, analizamos los límites de rendimientos deportivos posibles y, en 1998, la polémica científica sobre las sustancias dopantes, con motivo de la expulsión de Pantani del Giro de Italia. Ahora, oficialmente se intentan presentar estos Juegos de Sydney como los de mayor control antidopaje de la historia, pero ¿es ello cierto?

PRECEDENTES. En el deporte el engaño no es ninguna novedad. En la antigua Grecia muchos atletas intentaban batir a sus competidores con maldiciones o con sobornos. Y ello debía ser tan frecuente que las multas impuestas sirvieron para construir las estatuas de bronce de Zeus que bordeaban la entrada del estadio olímpico.

Recientemente, muchos atletas se han visto envueltos en escándalos de dopajes, además del bien conocido Ben Johnson, quien perdió su oro en las Olimpiadas de Seúl tras dar positivo el consumo de anabolizantes: Willy Voet, el ciclista del equipo Festina, con las tremendas repercusiones negativas que ello supuso para el Tour de Francia de 1998; el controvertido caso de la atleta de medio fondo Diane Modahl, positiva en la prueba de la testosterona, pero que, tras una sonada historia judicial, consiguió introducir dudas sobre la idoneidad del proceso de refrigeración de sus muestras urinarias, conduciendo a la Federación Británica de Atletismo casi a la bancarrota; o los recientes resultados positivos hacia el esteroide nandrolona, que han provocado la polémica con la IAAF (International Amateur Athletic Federation) del campeón olímpico de los 100 m de Barcelona, Linford Christie, y de otros dos atletas británicos, el campeón europeo de los 200 m, Dougie Walker, y el de 400 m vallas, Gary Cadogan.

Los esteroides anabólicos son ampliamente usados en la Medicina y la nandrolona es uno de los muchos de tipo sintético que existen. Su uso deportivo, lógicamente, está prohibido y al ser sintético podría esperarse que su detección química no fuese muy difícil. En este caso la prueba se realiza en la orina, mediante espectrometría de masas, que analiza a su principal metabolito, la 19-norandrosterona.

Entonces, ¿cuál es la discusión científica?. El de sus límites permitidos: 2 nanogramos por mililitro, en varones, y 5 nanogramos por mililitro, en mujeres no embarazadas. Algunos deportistas, apoyados en ciertos expertos, afirman que en los suplementos nutricionales que suelen tomar los deportistas se pueden encontrar, sin ninguna indicación al respecto, y por tanto sin ser conscientes de su ingesta, restos de ese esteroide. Y es digno de mención el caso de la corredora jamaicana Merlene Ottey, rehabilitada de la acusación del uso de nandrolona mediante el razonamiento de que cuando se tomaron las muestras de la deportista ésta se encontraba bastante deshidratada. En cualquier caso los científicos más responsables defienden la validez de los límites legales establecidos, basados en los estudios realizados sobre miles de personas normales.

EPO. El mes pasado se anunció con un gran despliegue, por parte de las autoridades olímpicas, que en Sydney serían controlados los niveles de EPO, con lo que se evitaría su uso como dopante. Ello se hizo posible gracias a una aportación extraordinaria de 1 millón de dólares realizada por el Gobierno australiano.

Esta hormona se obtiene por ingeniería genética, con genes humanos insertados en bacterias. La EPO recombinante, una proteína, tiene la misma secuencia de aminoácidos que la EPO humana natural, pero existe una sutil diferencia en la naturaleza de la porción de hidratos de carbono que se unen a la proteína. Es uno de los medicamentos cuyas ventas alcanzan cifras más altas en el mundo. Se usa para tratar anemias asociadas a desórdenes relacionados con fallos renales. Pero desde que está disponible se sospecha de su amplio uso por parte de los atletas especializados en ejercicios aerobios de gran duración.

Existen dos métodos principales de determinación. Un sistema desarrollado en Australia consiste en la medida directa de los niveles de EPO en sangre, junto con los de otros factores que se incrementan con los de la EPO: producción de células precursoras de las rojas (macrocitos y reticulocitos), concentración en el suero de la proteína receptora soluble de transferrina (relacionada con el metabolismo del hierro) así como de la oxihemoglobina (hemoglobina oxigenada). El sistema analítico francés se realiza en orina y se basa en la determinación específica de la EPO recombinante respecto a la EPO natural, debido a que la diferencia entre sus respectivos hidratos de carbono produce un pequeño cambio en sus cargas eléctricas lo que permite diferenciarlas mediante una técnica de isoelectroenfoque.

En Sydney, para dar un control positivo en los atletas que allí se están analizando, ambas pruebas han de ser positivas. Como se cree que los resultados estimulantes de la EPO se conservan unos pocos días tras cesar su administración, no sería de extrañar la existencia de fraudes basados en un suministro de la hormona al deportista, previo a la competición, pero interrumpido algo antes del inicio de la misma.

Otro problema a solucionar es que el costo analítico es relativamente alto por lo que, tras Sydney, no hay nada decidido respecto al uso combinado y generalizado de estas técnicas analíticas. Otra complicación surgirá cuando en la producción de EPO recombinante se usen cultivos celulares humanos ya que entonces desaparecerán las diferencias entre ambas EPO y ya no tendrá sentido el análisis

urinario. O con el uso por los atletas de precursores de la EPO o de otras moléculas capaces de trasportar oxígeno, como los perfluorocarbonos. O de fármacos diluyentes del plasma. En resumen, se trata de una lucha científica constante.

hGH. La hGH es la hormona humana de crecimiento, anabólica, que nos proporciona otro ejemplo significativo. Usada médicamente para tratar el enanismo, la hGH recombinante comenzó a producirse a mediados de los 80. Como suele ser normal, antes que nadie, algunos deportistas reconocieron sus efectos anabólicos y de quemar grasas. Su uso parece estar extendido en algunos ambientes deportivos. Con mucha frecuencia se dan a conocer casos de su robo en hospitales y fabricantes así como de su hallazgo en poder de deportistas. Por ejemplo, el pasado mes de febrero fueron robados, en Sydney, 1.575 viales a un importador australiano.

Por ahora, los atletas no se someten a determinaciones de hGH, pudiendo actuar al respecto con absoluta impunidad. Las razones aducidas son meramente económicas. En efecto, a mediados de los 90, el Comité Olímpico Internacional y la Comisión Europea auspiciaron el proyecto GH2000, dirigido por el endocrinólogo británico Peter Sonksen, destinado a desarrollar procedimientos analíticos adecuados para la detección de la hormona. A principios de 2000 se realizó el informe final, con el desarrollo de una serie de marcadores sanguíneos que podrían ser utilizados para esos fines analíticos.

Otro grupo científico independiente dirigido por el científico alemán Christian Strasburger también ha sido capaz de desarrollar otra prueba analítica directa de la hGH recombinante. Su base es que la hGH presenta dos formas de diferentes masas moleculares. La hGH recombinante posee un 95% de la forma más pesada y un 15% de la más ligera, mientras que las proporciones corporales son del 50% y 50%. En una muestra dada, mediante técnicas inmunológicas con anticuerpos, se pueden cuantificar las proporciones existentes y descubrir la naturaleza normal o recombinante de la hGH presente en la muestra.

Los científicos evaluaron en 5 millones de dólares el costo del desarrollo y validación total de las técnicas para que éstas pudieran ser ya aplicadas en Sydney, para lo cual habían refrigerado millares de muestras, pero el COI, el pasado año, rechazó esa posibilidad argumentando su alto costo. La esperanza actual es que se ha crea-

do una nueva institución, la WADA (World Anti-Doping Agency), ubicada en Lausana, sobre la que se irán traspasando las competencias antidopajes del COI. En general, entre los científicos y responsables del tema, se opina que es posible realizar más esfuerzos antidopaje, estimulando la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas, que los que el COI viene haciendo hasta ahora. Así lo acaba de anunciar la Comisión Nacional de Deportes y Abuso de Sustancias de Estados Unidos, criticando la escasez de entusiasmo del COI y anunciando un programa de investigación de cinco años de duración con un costo global de 100 millones de dólares. Todo sea para poder recuperar, aunque sea con métodos coercitivos, algo del espíritu olímpico de que lo importante es participar más que ganar.

ESQUIZOFRENIA

De modo semejante a como una alta concentración de colesterol predispone a una enfermedad cardiaca, ciertas variantes genéticas pueden predisponer a la expresión de problemas cognitivos que caracterizan a la esquizofrenia. Un gen que se ha caracterizado al respecto es una variante del gen que codifica a la enzima catabolizante de dopamina conocida como COMT o catecol-O-metil-transferasa. Las personas portadoras de esa variante obtienen peores resultados en ciertas pruebas de aparear formas y colores. Los esquizofrénicos también suelen poseer esa forma variante genética.

PSYLLIUM

Dentro de la amplia gama de extractos de origen vegetal consumidos con diversos propósitos, los de las cortezas de las semillas de psillium se utilizan frecuentemente con fines laxantes debido a su alto contenido en fibra. Ahora, una reciente investigación ha mostrado que, tras su consumo durante 8 semanas, también son muy útiles para reducir alrededor del 7% las concentraciones del colesterol total y del «colesterol malo», tanto en varones como en hembras. La causa parece radicar en un estímulo de la secreción biliar y de colesterol por el hígado.

LA SANGRE CICLISTA

Cuando en un 14 de agosto (Verbena de Paloma), sentado a la puerta de una botica, D. Sebastián escuchaba la frase de su amigo boticario, D. Hilarión, «¡Hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad!», no podría imaginar que esa misma reflexión, tras más de un siglo, es la que podría haber llevado a muchos deportistas, entre ellos a numerosos ciclistas, a buscar en los avances de la Ciencia procedimientos fraudulentos a fin de incrementar sus rendimientos deportivos y sus recompensas económicas.

El reciente escándalo de los registros de las habitaciones hoteleras de los corredores en San Remo derivó en la expulsión de Dario Frigo, el segundo clasificado, y a la acusación de otros numerosos ciclistas pertenecientes a media docena de equipos diferentes. Pero lo peor es que ello no es sino un síntoma de una situación que puede ser muy generalizada: la utilización de sustancias dopantes muy específicas, caras, diseñadas para otras utilizaciones terapéuticas, y que son difícilmente detectables. Y ello ha ocurrido cuando la UCI (Unión Ciclista Internacional) expresaba su optimismo ante la disminución del uso de la EPO (eritropoyetina) para aumentar la capacidad de oxigenación. Se ha hablado, incorrectamente, de «sangre artificial» pero científicamente, ¿cuáles son las principales características de las principales sustancias dopantes utilizadas para lograr una mayor oxigenación, es decir, eritropoyetina, hemassist, hemopure, hemolink, oxygent, etcétera.

PANTANI. Hace dos años, la expulsión del Giro de Italia del as Pantani, fue el pretexto para que en un artículo de divulgación tratásemos del tema de la EPO u hormona eritropoyetina. Cuando disminuye el hematocrito, o el oxígeno transportado por la sangre, nuestros sensores fisiológicos lo detectan e inducen la producción renal de EPO, que es transportada por el plasma hasta la médula ósea, donde acelera la producción de células rojas. Desde 1989 se consiguió producir in vitro, mediante técnicas de ADN recombinante, por AMGEN, una empresa americana. El tratamiento con EPO es útil para combatir anemias consecuencia de insuficiencias renales, anemias en pacientes con tumores que son combatidos con quimioterapia, pacientes con SIDA, etcétera. Su relativo bajo precio hizo que se utilizase como dopante por un número indeterminado de deportistas pero aunque su detección no era un problema analítico sencillo, sobre todo determinar su carácter exógeno, los avances científicos consiguieron desarrollar métodos analíticos muy sofisticados y su utilización fraudulenta parecía estar en disminución.

Para la anemia aguda y otras patologías sanguíneas como las enumeradas anteriormente, las donaciones o transfusiones sanguíneas siguen siendo muy importantes, pero no podemos desconocer aspectos indeseables como la posible transmisión de agentes infecciosos, algunos efectos negativos en ciertas personas receptoras, las grandes necesidades de sangre en cirugías como la cardiaca, procesos tumorales, etcétera. En muchos países se estima que las necesidades anuales de sangre se incrementan en más de un 4% mientras que el aumento de donaciones no llega al 3%. Cada año, en el mundo, millones y millones de personas han de ser transfundidas con varias unidades de sangre. Por ello, la medicina intenta encontrar nuevas y diferentes soluciones. Soluciones que los «avispados» que rodean el mundo de las competiciones deportivas intentan aprovechar ilícitamente.

HEMOLINK. El desarrollo de «portadores de oxígeno», sintéticos, o de bioingeniería, no persigue que sean sustitutos de la sangre, en el sentido de que no realizan funciones como proporcionar nutrientes o luchar contar las infecciones. Lo que pretenden es, temporalmente, ante una situación patológica, incrementar el transporte del oxígeno y del dióxido de carbono por la sangre. Las estrategias que

se siguen son básicamente dos: a) productos basados en la molécula de hemoglobina, y b) derivados perfluorados.

Los basados en hemoglobina parten de sangre animal (hemopure, vacuna), sangre humana (hemassist) o mediante técnicas de ADN recombinante. La molécula, de nombre comercial patentado Hemolink, sería una representante típica de esta alternativa hemoglobina. Está fabricada por la empresa Hemosol Inc., con unas inversiones superiores a los 300 millones de dólares, en una nueva planta industrial que acaba de levantarse en Toronto, Canadá. Más de una docena de patentes americanas e internacionales cubren la tecnología de producción, de un derivado basado en la estructura de las cadenas de hemoglobina natural. Durante los pasados años se realizaron los necesarios ensayos clínicos de fase I, continuados por más de una decena de fase II en los que se ha evaluado satisfactoriamente el uso de este producto en deficiencias de hemoglobina originadas por diversas cirugías, principalmente cardíacas. Hace menos de un año concluyó en Canadá y Gran Bretaña, con éxito, el primer ensayo de fase III, realizado sobre unos 300 pacientes, y se encuentra en plena ejecución otro ensayo fase II que se completará antes de finalizar el año. Ya se ha tramitado la petición de su utilización médica en Canadá y en diversos países europeos, de los que Gran Bretaña será, previsiblemente el primero en dar la correspondiente autorización. La FDA americana recibirá la correspondiente petición, también, de un modo inmediato.

OXYGENT. Se trata de una emulsión acuosa de pequeñas partículas de derivados perfluorados con sales y un surfactante. El diámetro de sus partículas es de 0,2 micras mientras que el de las células rojas es de unas 7 micras. La emulsión se inyecta en la circulación y es capaz de absorber (sin unión química) oxígeno en los pulmones y transportarlo hasta los tejidos y órganos periféricos, realizando el camino inverso con el dióxido de carbono. El desarrollo técnico y comercial está cubierto por más de 100 patentes y por la experiencia anterior existente con la primera emulsión aprobada en humanos, el Fluosol, un producto de primera generación desarrollado en Japón y que fue aprobado por la FDA americana para aplicaciones específicas. El Oxygent es una emulsión mucho más estable y no necesita frío para conservarse. Con este producto se han realizado más de 20 estudios

clínicos. Dos de los ensayos clínicos de fase II han demostrado su ventaja respecto a la sangre fresca en retardar la necesidad de transfusiones posteriores. También acaba de finalizar un estudio clínico de fase III realizado en Europa sobre 492 pacientes sometidos a cirugía, que redujeron sus necesidades de transfusión de sangre respecto a los pacientes controles. Otras ventajas son: a) al contrario que la hemoglobina no inactiva al óxido nítrico, lo que es causa de vasoconstricción; b) no favorece (la hemoglobina si lo hace), la formación de radicales libres dañinos; c) no interacciona con las endotoxinas bacterianas, mientras que la hemoglobina sí lo hace, aumentando la frecuencia de arritmias ventriculares.

Otra molécula en fase más inicial de comercialización y con una previsible mayor versatilidad es la PHER_O2, de Sanguine Co. Se trata de una sustancia totalmente sintética, con las naturales aplicaciones hematológicas, pero también con otras derivadas de su alta proporción de oxígeno que la convierten en un eficaz oxidante. Entre ellas se contarían usos en cuidados personales (bactericidas, funguicidas en aplicaciones tópicas, desodorantes, enjuagues, lavados, pastas de dientes, colorantes del cabello), aplicaciones domésticas (productos de limpieza, desodorantes, quitamanchas, blanqueadores en detergentes de lavados), tecnológicas (descontaminación agroalimentaria, transformaciones químicas, tratamiento de aguas residuales, algicidas), combustibles (aditivo en aviación).

Los avances y descubrimientos científicos siempre son buenos. Lo que puede no serlo tanto son las aplicaciones que algunos hombres hacen o intentar hacer de ellos.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

El cuidado en la interpretación de las investigaciones epidemiológicas debe ser extremo. Acaba de publicarse una investigación que señala que bajos niveles de vitamina C en la sangre están asociados a la enfermedad circulatoria de las piernas conocida como claudicación intermitente o enfermedad arterial periférica. Pero ello no significa obligatoriamente una relación causa-efecto. Por ejemplo, los enfermos de claudicación intermitente poseían mayores niveles de

lípidos, excepto del colesterol HDL, de proteína C-reactiva (un marcador inflamatorio) y de fibrinógeno (factor de coagulación). Por otra parte el ser fumador o no tomar pequeñas dosis de aspirina eran factores asociados a concentraciones bajas de vitamina C.

GENOMA HUMANO

Uno de los datos más llamativos derivados de los datos preliminares sobre el Genoma Humano se relaciona con la transferencia lateral de genes, es decir, el intercambio de genes entre especies ya que, de los resultados hechos públicos por el consorcio y por Celera, se podía deducir que entre 113 y 223 genes se habían transferido desde bacterias a los humanos (o a alguno de nuestros ancestros vertebrados). Ya han comenzado a aparecer análisis más profundos, buscando explicaciones alternativas como las de pérdidas genéticas diferenciales. Los resultados más recientes reducen en un 50% las cifras de transferencias bacterianas a vertebrados.