

José Antonio Lozano Teruel



Ilustración: Pedro Cano

*Clima, crisis, Dios...
y Ciencia*



*Clima, crisis,
Dios...
y Ciencia*

JOSÉ ANTONIO LOZANO TERUEL

EDICIÓN:

ADC Alternativas de Comunicación, s.l.

© AUTOR:

José Antonio Lozano Teruel

© ILUSTRACIÓN PORTADA:

Pedro Cano

© ILUSTRACIONES INTERIOR:

Paco Hernández

IMPRESIÓN:

Pictografía

I.S.B.N.:

978-84-935839-4-1

DEP. LEGAL:

Mu - 2.461 / 2009

COLABORA:



AGRADECIMIENTOS

Forzosamente he de ser machaconamente repetitivo con los agradecimientos que he venido expresando en los libros de divulgación científica que han precedido al actual, comenzando el reconocimiento de mi gratitud hacia esa persona singular que es el periodista Pepe García Martínez, amigo entrañable y profesional único. Hace más de 20 años que me animó a iniciar una labor considerada ahora casi normal en un científico pero que en aquellos tiempos podía constituir un factor de riesgo, con origen no en los amables lectores, sino en las rígidas estructuras mentales del mundo universitario. Pepe me dio sabios consejos que yo no siempre he sabido seguir adecuadamente. En todo caso, el fruto han sido 9 libros que recogen más de 800 artículos de divulgación científica referidos a todo aquello en lo que la ciencia puede jugar un papel: sociedad, universo, estudio del pasado, medio ambiente y clima, nutrición, ciencias exactas y tecnológicas, biociencias, etc.; poniendo un énfasis especial, que no deseo se deba a deformación profesional, en la medicina y en los avances de las ciencias moleculares que están revolucionando nuestro mundo: biología, genética y biotecnología. Todo ello no habría sido posible sin el acogedor hueco que durante tantos años ha ido ofreciendo en sus páginas el periódico 'La verdad'. Más aún, cada uno de los artículos de divulgación ha contado semanalmente con la colaboración inteligente e interpretativa de una ilustración libremente elaborada por los ilustradores gráficos del periódico.

Y, desde hace algún tiempo, en el portal de Internet del periódico (www.laverdad.es), cuyo éxito es espectacular, existe un canal específico, **Ciencia y Salud**, dedicado a albergar todo ello. En este canal se pueden consultar miles de noticias y artículos ordenados temáticamente, aparte de estar dotado con un buscador muy práctico, convirtiéndose en una especie de enciclopedia actual de la ciencia abierta al mundo, como lo atestiguan testimonios recibidos desde muy diversos lugares de nuestro planeta.

Pero las páginas de un periódico poseen una vida muy corta. La longevidad ha sido proporcionada por la Fundación Cajamurcia, generosa patrocinadora de los sucesivos libros que han recogido los textos correspondientes. El mérito les corresponde a los principales responsables de la Fundación, D. José Moreno Espinosa, director de la misma; D. Juan Roca Guillamón, vicepresidente; y D. Carlos Egea Krauel, presidente de la Fundación y de Cajamurcia.

En esta ocasión, a la brillante lista de personalidades que aceptaron prologar los libros ante-

riores se une el profesor Juan Roca Guillamón, un amigo admirado y admirable, una gran persona, con quien he compartido inquietudes universitarias desde diferentes parcelas (Derecho y Bioquímica, respectivamente) y tareas y responsabilidades similares (cátedra, rectorado), todas ellas con una visión muy coincidente.

Como es habitual en esta serie de libros, Paco Hernández ha elaborado unas clarividentes ilustraciones fruto del matrimonio del Arte con la Informática. Pedro Cano, el gran pintor de Blanca, doctor *honoris causa* de la Universidad de Murcia, ha tenido la generosidad de deleitarnos con una portada misteriosa, para mí sugerente del largo y helicoidal camino de los grandes descubrimientos científicos.

También quiero agradecer a mis compañeros del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular (B) e Inmunología por crear en nuestro ambiente universitario de trabajo un inusual oasis de paz que me ha permitido poder satisfacer mi propia curiosidad intelectual por la ciencia y poder transmitírsela a los lectores.

En el nacimiento de un libro colaboran muchas personas. Muchas gracias a todas las que desde Alternativas de Comunicación, S.L. (editor) y Pictografía, S.L. (impresión) han hecho posible el feliz alumbramiento.

José Antonio Lozano Teruel

ÍNDICE

Agradecimientos	7
Prólogo	13

CIENCIA Y SOCIEDAD

1. Ciencia y religión, ¿excluyentes?	(2008-01-26).....	21
2. Ciencia sin crisis y el punto G	(2008-12-27).....	25
3. El primo de Rajoy, la ministra Narbona y Julio Verne	(2007-10-27).....	29
4. El acontecimiento científico del año 2007	(2007-12-22).....	33
5. Mininoticias		37

EL UNIVERSO

6. Sunshine, ¿cuánto de Ciencia?	(2007-06-17).....	43
7. El discutido proyecto Haarp	(2007-08-24).....	47
8. Pierre Auger: un proyecto cósmico	(2008-01-05).....	51
9. El Universo nació líquido	(2007-04-07).....	55
10. El top 10 de los exoplanetas	(2008-08-31).....	61
11. Llegan las Perseidas	(2007-08-10).....	65
12. De vuelta a la luna	(2008-05-10).....	69
13. Predicción de las tormentas solares	(2007-06-23).....	73
14. Mininoticias		77

CIENCIA Y EL PASADO

15. Cambio climático, neandertales y paleoecología	(2007-03-10).....	91
16. El código de Arquímedes	(2007-04-28).....	95
17. De Hipatia a Levi-Montalcini	(2008-03-15).....	99
18. La tumba de Jesús	(2007-06-09).....	103
19. Teatro Romano de Cartagena: un reto científico y cultural ...	(2008-08-17).....	109
20. Tesla y el truco final	(2007-03-03).....	113

21. Las mujeres y la Ciencia	(2008-03-08)	117
22. La Ciencia y la leyenda negra española	(2008-08-03)	121
23. Mininoticias		125

MEDIO AMBIENTE Y VIDA SALUDABLE

24. Un gran calentón	(2008-04-19)	137
25. Los mandamientos climáticos	(2007-12-08)	141
26. Sol contra la crisis	(2008-08-10)	145
27. El sol salvador	(2007-11-03)	149
28. Tunguska: un siglo de enigmas	(2008-07-28)	155
29. ¿Qué sucede con los biocombustibles?	(2008-05-24)	159
30. Energía solar sin sol	(2008-06-21)	163
31. Electricidad de microbios	(2008-03-01)	167
32. Músculos artificiales	(2008-12-20)	173
33. Agua virtual y decisiones políticas	(2008-04-05)	177
34. La huella hídrica	(2008-04-12)	181
35. No al bronceado ultravioleta	(2008-09-21)	185
36. Un café... ¡y a correr!	(2007-08-03)	191
37. La vacuna antitabaco	(2007-03-31)	195
38. Mininoticias		199

ALIMENTACIÓN Y SALUD

39. Chicles y salud	(2007-09-01)	213
40. Nuestros circuitos cerebrales deciden cuánto comemos	(2007-10-23)	219
41. Tequila y ciencia	(2007-09-30)	223
42. Historias de pirámides	(2008-03-29)	227
43. Fibra alimentaria: novedades	(2007-04-21)	231
44. La misteriosa maldición croata	(2007-11-10)	237
45. Isoflavonas, menopausia y cáncer de mama	(2008-06-28)	241
46. Nutrición, ejercicio y cáncer	(2007-12-15)	245
47. Mininoticias		249

LAS CIENCIAS EXACTAS

48. La bella razón divina	(2008-07-19)	259
-------------------------------------	------------------------	-----

49. Soy mujer: ¿podré ser un genio matemático?	(2008-05-31)	263
50. Descifrado el enigma de la cinta de Moebius	(2007-07-20)	267
51. Tres mujeres matemáticas.	(2008-06-07)	271
52. El gran primo	(2008-10-04)	277
53. Anécdotas y falsedades.	(2008-09-06)	281
54. La espintrónica en nuestras vidas.	(2007-12-29)	285
55. La nata montada y la lanzadera espacial Columbia	(2008-06-14)	289
56. La teoría del todo	(2007-12-01)	295
57. Grafeno, un material asombroso	(2007-05-17)	299
58. Premio merecido	(2007-09-22)	303
59. Mininoticias		307

LAS TECNOLOGÍAS

60. Energía al caminar	(2008-02-16)	317
61. La innovación europea	(2008-10-18)	321
62. Los mejores inventos	(2007-11-17)	325
63. Witricidad: la electricidad sin cables	(2007-06-16)	331
64. Mininoticias		335

LAS BIOCENCIAS

65. Aroma de jazmines en Elche	(2007-07-27)	345
66. El florígeno	(2007-05-05)	349
67. El año de la patata	(2008-07-12)	353
68. Poco agua para algunos	(2008-11-01)	357
69. ¿Aroma de rosas para mejorar la memoria?	(2007-03-17)	363
70. La determinación sexual	(2008-05-17)	367
71. Proyecto ratones noqueados	(2007-10-13)	371
72. Poliaminas: unas moléculas intrigantes	(2008-11-08)	375
73. ¿Hacia la fuente de la juventud?	(2007-10-06)	381
74. La triple hélice	(2008-12-13)	385
75. Dinosaurios con suerte.	(2008-09-13)	389
76. Los snips y la singularidad vasca	(2008-02-23)	393
77. Ojos azules	(2008-02-09)	399

78. Mininoticias	403
------------------------	-----

MEDICINA

79. La vida sexual de un asesino	(2008-12-06).....	415
80. Bacterias y biopelículas	(2007-05-26).....	419
81. Alzheimer y ácidos omega 6	(2008-11-29).....	425
82. El cerebro y las moscas	(2008-02-02).....	429
83. Demencias: buscar al microbio	(2008-05-03).....	433
84. Autofagia y Parkinson	(2008-01-19).....	437
85. ¿Mata la eritropoyetina?	(2007-05-12).....	443
86. Potencia sexual, esbeltez y bronceado	(2007-06-30).....	447
87. Homeopatía, ¿ciencia?	(2007-04-14).....	451
88. Mitos médicos.	(2008-01-12).....	455
89. Éxtasis, grasas y muerte	(2007-06-02).....	461
90. Sangre, pura y elocuente.	(2008-10-25).....	465
91. Mininoticias		469

GENÉTICA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA

92. Una interferencia venturosa	(2008-10-11).....	483
93. Hacia una farmacología y medicina personalizadas	(2008-03-29).....	489
94. El genoma desconocido	(2007-03-24).....	493
95. Genomas en rebajas	(2008-11-15).....	497
96. Menstruo vivificador	(2007-11-24).....	501
97. Células madre pluripotentes inducidas. Evidencias	(2008-04-26).....	507
98. Las iPS en la pole.	(2008-09-28).....	511
99. Un mundo transgénico.	(2008-11-22).....	515
100. Mininoticias		519

PRÓLOGO

El libro que llega a las manos del lector es una nueva muestra del esfuerzo del Profesor Lozano Teruel en su ya larga labor de divulgación, en su más noble sentido, de la ciencia y el conocimiento. No sé si es fácil percibir el esfuerzo que ello supone. Aunar amenidad, concisión periodística de los temas y rigor científico en la expresión y en la aportación de los datos no es algo que esté al alcance de cualquier aficionado. Claro que el autor no es “cualquiera”: José Antonio Lozano es, ante todo, un científico de primera fila en el panorama español de la Bioquímica y la Biología molecular. Su denso currículo así lo acredita, y como lo que es evidente no necesita demostración, no habré de insistir más en ello.

José Antonio Lozano Teruel es, asimismo, un hombre de nuestro tiempo, en el sentido orteguiano de la expresión. Es decir, una persona preocupada por los grandes interrogantes del universo, pero también por los problemas más cercanos de la sociedad en la que le ha tocado vivir. De ahí su faceta de inquieto inquisidor de información sobre aspectos candentes de la vida económica, académica, política... sin desatender el inevitable cotilleo que exige el estar al día de las claves y recovecos de una sociedad en cierto sentido teledirigida por creadores de opinión atrincherados en algunos *mass media* que no parecen tener cosa mejor que ofrecer.

Lozano escribe semanalmente una página en el diario “La Verdad”. Desde tan señera atalaya hace muchos años que viene poniendo al alcance de miles de lectores murcianos –y manchegos, y alicantinos– los más variados hallazgos y novedades científicas. Su discurso sobre temas de actualidad es de esos que interesa a todos, desde la genética al cambio climático, desde el agua, auténtico talón de Aquiles de este Sureste irredento, a cuestiones médicas o siderales. Sin olvidar su particular cruzada contra los excesos en el bronceado playero o del tabaco... aunque no tanto contra el alcohol siempre que se ofrezca bajo la corpórea forma de buen vino y con la moderación que el sentido común exige.

De Lozano ha escrito nuestro común amigo García Martínez que se arriesga a que no se le entienda. Lo dice el maestro del cálamo refiriéndose, naturalmente, a ese trabajo de divulgación científica de lo que otros han inventado o investigado. Pero yo creo que ese no es el mayor riesgo que corre nuestro personaje. A mi juicio lo peor que puede sucederle a José Antonio es no ser bien comprendido, que no es lo mismo que ser un incomprendido. Y es que

este Lozano Teruel, que ama profundamente a su tierra y a sus amigos, no siempre calla cuando la prudencia a lo mejor así lo sugeriría. Pero esa es su personalidad: rebelde, casi siempre con causa, ante lo que considera que no se compadece con lo que debiera ser... o no ser. Así lo hizo cuando se afanó por crear el Instituto de Bioquímica Clínica. Así lo hizo cuando con habilidad y firmeza luchó por el *Campus* de Espinardo, en realidad un instrumento más al servicio de un fin mucho más trascendente, aunque menos visible: la modernización de aquella Universidad que le tocó dirigir desde un Rectorado de pocos recursos y muchos mandarines. Y así lo sigue haciendo cuando considera oportuno llamar la atención a la autoridad sobre algo que cree que no se enfoca bien o simplemente que es inconveniente para el interés general; eso sí, siempre con discreción y nobleza, pues no es Lozano persona dada a la alharaca, sino más bien a la misiva privada o a la visita personal que su *audivitas* y su independencia intelectual le permiten.

No podía ser de otra manera quien es persona leal y sólidamente comprometida con unos valores éticos que con frecuencia asoman, entre líneas, en sus escritos. José Antonio Lozano Teruel es, créame el lector, una persona poco común también desde este punto de vista. Y sé muy bien lo que digo.

Un colega algo celoso y de no muchas luces se permitió en una ocasión, con ánimo despectivo, comparar a José Antonio Lozano con un hombre del Renacimiento, porque, según decía “sabe de todo”. Y, mira por donde, aquel catecúmeno de la ofiolatría por una vez acertó. Porque efectivamente se trata de una persona que sabe, y bien, de muchas cosas. Con la particularidad de que, además, lo demuestra. No creo que pueda decirse de Lozano que haya sido desaprovechado por esta Región. Él, desde luego, le ha dado mucho, y ahí queda su obra, aunque no siempre sea bien conocido y reconocido, ni siquiera en el ámbito universitario, lo mucho que a él se debe.

Entre esa obra sin duda ocupa un lugar importante también esta tarea de divulgación periodística que al resumirse en ya tantos volúmenes –en torno a una decena– viene a constituir una importante aportación a la cultura de nuestro tiempo. Ello justifica, sin duda, el apoyo que recibe de la Fundación Cajamurcia, siempre atenta a lo que de verdad merece la pena respaldar.

“Clima, crisis, Dios y... Ciencia” es un título tan sugerente como para todo un curso de esa tertulia, liberal y con cierto tufillo afrancesado, polemista y cienleches (González Vidal *dixit*) que durante casi cuarenta años, a las diez en punto, ha recorrido inexorablemente los cafés del centro de Murcia viendo como transitaban generaciones de políticos, artistas, recto-

res y de los propios tertulianos (García Aráez, Aurelio Serrano, Miguel Borrachero, Salvador Ripoll, Manolo Avellaneda, por citar solo a los que ya no están) por sus sucesivas sedes: Mi Bar, William's, Drexco, Arco de Santo Domingo. Clima y crisis son temas tan vivos y preocupantes para cualquier ciudadano que esa visión científica con que se abordan en distintos artículos por un autor tan riguroso como Lozano les dota de un especial atractivo. Me interesa sin embargo destacar ese tercer orden de materias que se incorporan al título de la obra bajo el genérico epígrafe "Dios".

La magnitud teocrática de la Ciencia es bien conocida por Lozano. Acaso por ello Dios es, de algún modo, un tema recurrente en su reflexión, pues por propia convicción sabe de la contingencia humana y su condición de científico no se resiente, sino, al contrario, se enaltece, por reconocer que el orden cósmico no puede ser simple casualidad. Solo los grandes hombres son capaces de exponer su sereno desvelo ante las grandes incógnitas del universo. Las respuestas no pueden ser unívocas, naturalmente; pero probablemente lo importante para calibrar la dimensión intelectual de una persona no esté en la respuesta que acepte, sino en la pregunta en sí.

Va a coincidir la edición de este libro con la jubilación administrativa del catedrático Lozano. Pero de ninguna manera ha de significar ello una retirada del primer plano de su actividad universitaria y académica, que no ha de ser consentida por sus discípulos y colegas de su querida Facultad de Medicina que tanto le debe.

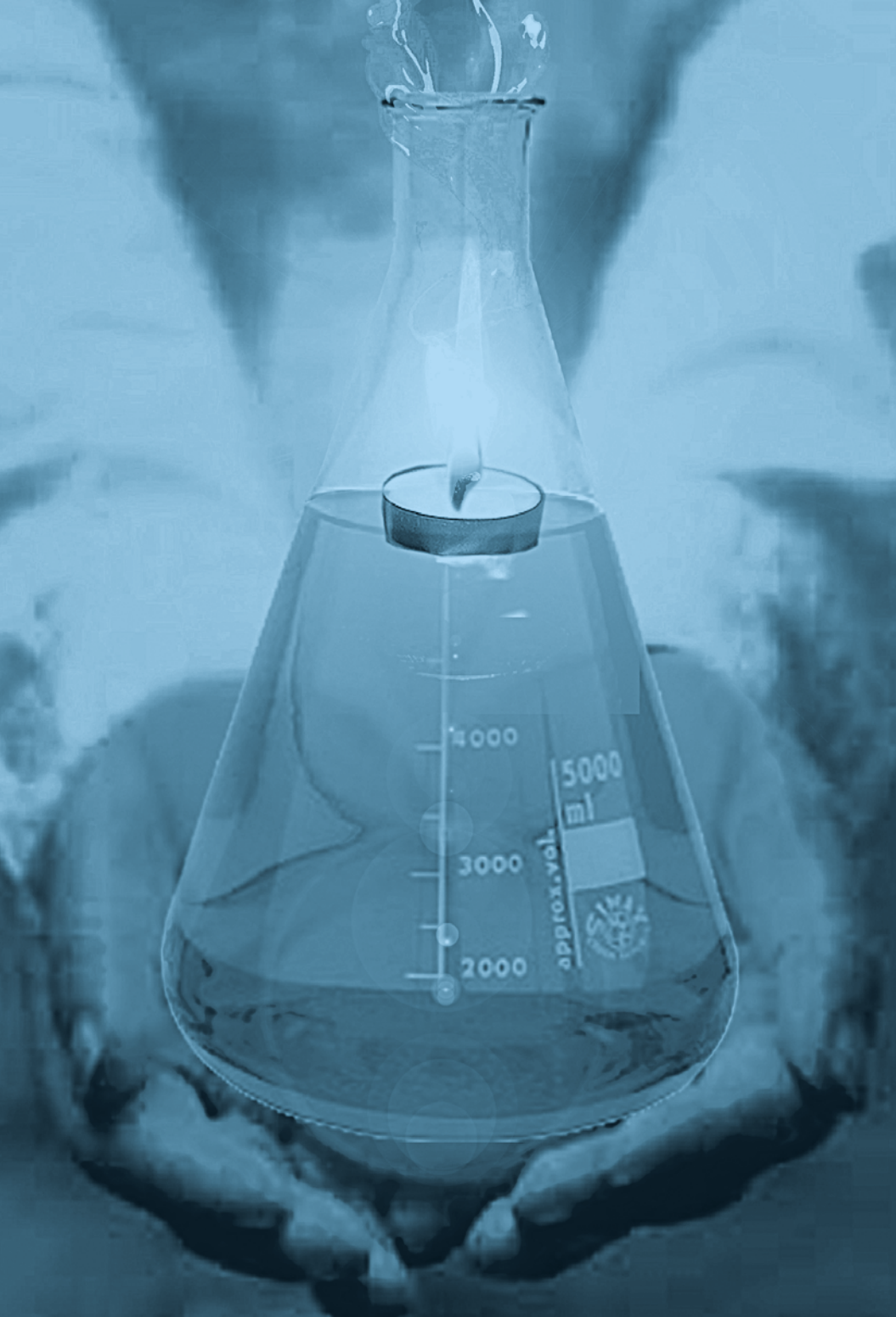
Comparto con José Antonio Lozano una sólida amistad y, entre otros varios, tres motivos de orgullo: el honor de haber servido a la Universidad de Murcia, el de nuestra antigua y leal vinculación a la Caja de Ahorros de Murcia y el de que nuestros respectivos retratos de la galería de rectores lleven la firma de un irrepetible Ramón Gaya. Me falta sin embargo, todavía mucho que contar y que aprender de él. Acaso en otra oportunidad.

La Alberca, septiembre de 2009

Juan Roca Guillamón

CIENCIA Y SOCIEDAD





CIENCIA Y RELIGIÓN, ¿EXCLUYENTES?

PARECÍA UNA DISCUSIÓN SUPERADA, PERO EN ALGUNOS AMBIENTES UNIVERSITARIOS españoles surge una agria polémica sobre la contraposición e imposible convivencia entre Ciencia y Religión, con posturas que, frecuentemente, esgrimen sus respectivos defensores con demasiado dogmatismo, poca objetividad y excesiva extrapolación de los límites argumentales.

REALIDAD • Hace unos años el jesuita y bioquímico Ignacio Núñez de Castro reconocía que “experimentamos una imagen del mundo natural científica, profana, secular y, de alguna manera, concluyente en si misma... La verdad sobre Dios que nos transmite la Teología y la imagen del mundo que nos enseña la Ciencia, son muy distintas, tanto en su lenguaje como en sus contenidos”.

Sin entrar en el complejo fondo del problema de las relaciones entre Ciencia y Religión nos vamos a limitar a señalar la artificialidad de su contraposición, como demuestran las encuestas realizadas en diversos lugares del mundo que indican que la proporción de creyentes entre los científicos es parecida al del resto de la población y que un alto número de los más brillantes científicos modernos confiesan algún tipo de religiosidad, una necesidad del concepto de Dios.

Partiendo de Dios como de “alguien a quien uno puede rezar esperando una respuesta”, diversas encuestas muy amplias realizadas entre científicos del mundo en los últimos 90 años, algunas publicadas en la revista NATURE, indican que aproximadamente un 40% de los encuestados se podrían clasificar como creyentes, otro 40% como ateos y un 20% como agnósticos. Pero una clara mayoría de los científicos y profesores de ciencias consultados opinan que la ciencia y la fe son “dos perspectivas distintas y complementarias con motivaciones diferentes” y sólo un 12% las considera incompatibles. Más aún, un abrumador 89% creen que su sujeción personal al método científico no constituía un impedimento para intentar tener una visión del mundo más amplia que la limitada que se desprende de la ciencia.

Otras conclusiones interesantes:

Muy pocos de los grandes científicos han sido o son ateos militantes, se consideran ateos o hacen gala de ello.

Una gran mayoría confiesan un profundo sentido de religiosidad basada en el orden manifiesto y grandioso que perciben en el universo al profundizar en la ciencia.

Existe división entre los que no creen en la existencia de un Dios personal y los que si lo aceptan, así como un destino trascendente a este mundo.

Son minoritarios los que siguen fielmente las prácticas de una religión concreta.

En cualquier caso los científicos suelen rechazar las imágenes estereotipadas, lo que en realidad está de acuerdo con lo que ya advertía ya San Efrén de Siria (Nisibe, actual Turquía, 306-aprox. 373): “Quien se haya imaginado ver a Dios, se ha visto a sí mismo y sus imaginaciones”.

LEMAÎTRE • Aunque cuando la Religión o, mejor dicho, sus entramados institucionales, ha opinado u opina sobre cuestiones científicas frecuentemente ha cometido y sigue cometiendo tremendos errores ello no es obstáculo para encontrar valiosos ejemplos de convivencia entre Ciencia y Religión protagonizados por grandes científicos. Un caso especialmente destacable es el del sacerdote católico Georges Henri Lemaître.

Nacido en 1894 en Charleroi, Bélgica, comenzó sus estudios de ingeniería civil en Lovaina a los 17 años y tras ser voluntario durante la Primera Guerra Mundial, estudió Física y Matemáticas, incluyendo la teoría de la relatividad de Einstein, recibiendo su brillante doctorado en 1920. Ese mismo año ingresó en el seminario de Malinas, ordenándose sacerdote 3 años más tarde. En 1927, publicó un informe en el que resolvió las ecuaciones de Einstein sobre el universo entero (a la vez e independientemente que Alexander Friedman) y sugirió que el universo se estaba expandiendo y que, por ello, se observaba un corrimiento hacia el rojo de la luz de las nebulosas espirales. En 1931, propuso la idea de que el universo se originó en la explosión de un *átomo primigenio* o *huevo cósmico*, lo que ahora se llama el Big Bang. En los años siguientes continuó participando activamente en la controversia científica y religiosa sobre el origen del Universo, con una estimación de su edad coincidente con la aceptada en la actualidad. Al final de su vida su interés en los computadores y en la informática terminó por fascinarlo completamente. Murió en Lovaina, en 1966, poco después de oír la noticia del descubrimiento de la radiación de fondo de microondas cósmicas, prueba fehaciente de su teoría, tras haber dado un ejemplo de cómo ciencia y religión pueden convivir sin mayores problemas.

Una anécdota aleccionadora es que, en 1933, Albert Einstein dio una serie de clases en la Fundación Universitaria de Bruselas y cuando un colega le preguntó si le habían comprendido bien todos los oyentes, respondió: “El profesor De Donder quizás, el canónigo Lemaître sin duda, los demás creo que no”.

CONVIVENCIA • Francis Collins, actual director del Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano de Bethesda, Maryland, EE.UU.), líder de uno de los dos grupos que completaron el Proyecto Genoma Humano y uno de los científicos más importantes del mundo ha publicado recientemente el libro *EL LENGUAJE DE DIOS* donde explica cómo reconcilia la ciencia con su profunda fe cristiana.

Collins, doctor en medicina, era ateo, pero encontró a Dios como consecuencia de sus experiencias científicas y de ver cómo la religión sostenía a sus pacientes gravemente enfermos. En 1978 se convirtió y, desde entonces, es un cristiano apasionado tanto de la ciencia como de su fe.

En diversas entrevistas se le ha preguntado sobre el conflicto entre ciencia y fe. He aquí algunas de sus respuestas: “Dios puede ser adorado en la catedral o en el laboratorio”; “Cada descubrimiento que hacemos es para mí una oportunidad de adorar a Dios en un sentido amplio, de apreciar un poco la impresionante grandeza de su creación. También me ayuda a apreciar que los tipos de preguntas que la ciencia puede contestar tienen límites”. “La ciencia me dirá cómo funcionan las cosas. No me dirá por qué estamos aquí, cuál es la finalidad de la vida, o qué sucede después de la muerte. Para esto necesito la fe”.

“Los científicos... llegan a la conclusión de que la fe es algo a lo que se llega exclusivamente por el sentimiento. No perciben la noción de que la fe puede ser una elección completamente racional, como lo fue para mí”. “Necesitamos todas las formas de conocer posibles, todas las formas de decir la verdad. La Ciencia es una. La Fe es otra. No son apuestas para nada. Son formas diferentes de contestar a las preguntas más importantes”. “El conocimiento que tenemos sobre la biología y la genética humana no es ni bueno ni malo. Es sólo conocimiento. La aplicación que decidamos hacer de este conocimiento tiene un carácter moral”.

CIENCIA SIN CRISIS Y EL PUNTO G

SÓLO HACE UN AÑO HA TRANSCURRIDO DESDE QUE SI SE PREGUNTABA A LOS EXPERTOS que eligiesen cosas en alza, las más repetidas eran las de finanzas, alimentos y combustibles. Hoy, la situación ha cambiado drásticamente y nadie puede predecir la duración de las consecuencias de la crisis que vivimos. Pero no todo empeora y muchos siguen confiando en el poder de los avances científicos como repetidamente se ha insistido en los análisis de lo que el año 2008 ha sido científicamente.

RECAPITULACIÓN • Los finales y principios de año son buena época para la recapitulación y el resumen. Así lo hacen, para la ciencia, las principales revistas científicas del mundo y estos días los medios de comunicación han divulgado las listas de logros científicos elaboradas por las revistas NATURE y SCIENCE. Nosotros glosaremos hoy otra alternativa más divulgadora, la de la revista NEW SCIENTIST.

La relación que ha publicado esa revista incluye un hecho principal y diez aspectos más particulares. El principal consiste en la elección de Barack Obama como próximo presidente USA, lo que algunos interpretan como el regreso de la realidad a la Casa Blanca. Obama con la acertadísima elección de sus asesores económicos y científicos parece demostrar con anticipación una nueva y más científica posición respecto a cuestiones tan importantes como el cambio climático o la investigación en las nuevas fronteras de la Biología y la Genética.

Otros aspectos incluidos en la selección comentada son: los logros de la NASA y la moderación de sus previsiones próximas; el despegue espacial de algunos países asiáticos; nuestra vulnerabilidad ante la no previsión de terremotos como el ocurrido en China; los condicionamientos genéticos de la homosexualidad; la comercialización del genoma; la convulsión energética y las energías renovables o la disponibilidad mundial de alimentos, así como otro tema que comentaremos después, la existencia del punto G femenino y de los que han sido considerados los acontecimientos más positivos y negativos.

POSITIVO Y NEGATIVO • En lo positivo, por su trascendencia en la física de partículas y en el conocimiento de lo más íntimo de nuestro Universo merece un lugar especial la inauguración del LHC (Large Hadron Collider) o acelerador de partículas del CERN, en Ginebra, enterrado 100 m bajo los Alpes cuyo costo estimado son unos diez mil millones de dólares. Los protones se desplazarán al 99,99% de la velocidad de la luz a lo largo del anillo de 27 Km de longitud, con una energía sin precedentes, colisionando 600 millones de veces por segundo. La ceremonia de inauguración fue seguida en TV por mil millones de personas en el mundo. Lo anecdótico serán sus fallos iniciales y lo que importa son las cuestiones que puede resolver en el futuro: ¿existen otras dimensiones espaciales?, ¿es posible aclarar el misterio de la materia negra?, ¿qué es la energía negra?, ¿qué es lo que le proporciona masa a la materia?, ¿cómo fue realmente el inicio de nuestro Universo?

En lo negativo, lo más destacable es el estruendoso fallo de los costosos modelos matemáticos desarrollados por las entidades financieras para evaluar los riesgos del sistema, modelos que muchos economistas calificaban como científicos. Para Nassim Taleb de la London Business School lo que ocurre es que los mercados y economías son demasiado complicados y poseen tantos parámetros mal conocidos que difícilmente pueden ajustarse a ningún modelo matemático por complejo que este sea. Otros expertos creen que hay que aproximarse, para compararlos y obtener enseñanzas, a los enrevesados modelos biológicos naturales por lo que en el futuro no sería extraño que las entidades financieras buscasen asesores alternativos, dentro del campo de la biología, tales como ecologistas u otros.

PUNTO G • En 1950, el ginecólogo alemán Ernest Gräfenberg, publicó el artículo *The Role of Urethra in Female Orgasm* (El papel de la uretra en el orgasmo femenino) en la revista INTERNACIONAL JOURNAL OF SEXOLOGY. Por primera vez se hablaba de una zona extrasensible en la vagina, esencial para el orgasmo femenino. Fueron los sexólogos John Perry y Beverly Whipple quienes, 33 años más tarde, publicaron el *bestseller*, EL PUNTO G y bautizaron esa zona erógena como *punto Gräfenberg*, o más brevemente *punto G*, que estaría situado en la cara anterior de la vagina, a medio camino entre el hueso del pubis y el cuello uterino, a unos tres centímetros del exterior de la vagina.

Durante siglos se ha hablado en las prácticas sexuales de la sensibilidad de la cara interna de la vagina y de la eyaculación femenina. Aristóteles, ya en el siglo X a.C., se refirió a la existencia de una especie de eyaculación femenina. En la cultura sánscrita reconocían la impor-

tancia de lo que llamaban el *punto sagrado*, localizado en la parte alta de la vagina, arriba de la uretra, y debajo del hueso púbico. En la cultura panameña esa práctica recibe el nombre de la *bella loca*. Y más recientemente, en 1966, Masters y Johnson observaron la existencia de sustancias lubricantes secretadas por la vagina en proporción directa a la excitación de la mujer.

¿Existen la eyaculación femenina y el punto G? Pocos médicos han estado dispuestos a reconocerlo. Pero en los últimos años diversos trabajos científicos han sugerido la existencia de tejidos prostáticos femeninos que pueden producir descarga genital no urinaria, sexualmente inducida durante el orgasmo e, incluso, se han descrito en mujeres algunos casos de presencia elevada en sangre del *antígeno prostático específico* (PSA) y muertes por cáncer prostático.

Los datos más claros se publicaron el pasado año en la revista JOURNAL of SEXUAL MEDICINE, por un equipo de investigadores de la Universidad italiana de L'Aquila, dirigido por el doctor Emmanuele Jannini quienes encontraron el elusivo punto G mediante técnicas de ultrasonido. En un experimento realizado con veinte mujeres heterosexuales, sanas, en edades premenopáusicas, todas orgásmicas, once de ellas describieron tener orgasmos *clitóricos* mientras nueve confesaban que su placer sexual era alcanzado gracias a la manipulación del Punto G.

Los científicos encontraron, por ecografía, que esas nueve mujeres, y no las otras, presentaban un tejido grueso en la pared frontal de la vagina, concluyendo que las mujeres con un área uretrovaginal más gruesa “tenían más probabilidades de experimentar un orgasmo” que aquellas con un espacio más delgado y que “las mujeres sin una visible evidencia de un punto G no pueden tener un orgasmo vaginal”.

Pero la polémica sobre el punto G aún sigue viva ya que otros científicos de la Universidad de Nueva Jersey, donde en los años 80 se acuñó el término de punto G, siguen insistiendo en que el orgasmo vaginal no está vinculado necesariamente al grosor del segmento uretrovaginal.

EL PRIMO DE RAJOY, LA MINISTRA NARBONA Y JULIO VERNE

HACE MÁS DE UN SIGLO DEL FALLECIMIENTO DEL ESCRITOR DE CIENCIA-FICCIÓN JULIO VERNE. Su recuerdo y sus obras aún perduran y su nombre adquiere hoy gran actualidad por hechos bien diferentes. Antes de fallecer, Julio Verne preparaba una obra bastante apocalíptica, con el título de LA INVASIÓN DEL MAR (1905), en la que contaba que, como consecuencia del cambio climático, Europa sería cubierta por las aguas procedentes del deshielo de los polos, lo que provocaría que el hombre volviese a sus formas de vida primitivas. Otra de sus obras más conocidas DE LA TIERRA A LA LUNA (1865), a la vez científica y satírica –ya que comienza como una sátira del estereotipo estadounidense de la época– fue un intento de describir, por primera vez, con minuciosidad científica, los problemas que hay que resolver para lograr enviar un objeto a la Luna.

CLIMA • Comencemos con el tema del cambio climático, tan de actualidad, incluso política, estos días. En todo el mundo no sólo los científicos, sino los políticos se han lanzado a una carrera de opiniones y predicciones contrapuestas. ¿Qué se puede decir seriamente, científicamente, al respecto? En estas páginas nos hemos ocupado del tema insistiendo en la torpeza de hacer deducciones fáciles y también en la necesidad de actuar conscientemente preservando nuestro medio ambiente. La revista SCIENCE ha publicado una excelente investigación científica realizada mediante un análisis de retroalimentación elaborado por Gerard Roe y Marcia Bake que no se ha basado, como otras, en resultado de informaciones inadecuadas o de modelos más o menos discutibles. Han tenido en cuenta los datos de tres décadas de investigación con cómputo avanzado de un gran número de investigadores, llegando a la conclusión científica de que aunque mejoren en el futuro los sistemas científicos de análisis utilizados no seremos capaces de realizar estimaciones precisas sobre la cuantía de la sensibilidad del clima debida a las influencias antropogénicas.

¿Qué significa ésto? Aunque el IPCC, *Panel Intergubernamental del Cambio Climático* ha afirmado que al doblarse las concentraciones preindustriales de dióxido de carbono el efecto

aumentador sobre la temperatura media global será entre 2 y 4,5 grados, la investigación demuestra que el rango de variabilidad puede ser mayor y, lo que es muy importante, que no será posible lograr una mejor precisión debido a las características intrínsecas del propio sistema climático. Por ello, lo prudente es no especular demasiado sino tomar decisiones adecuadas de protección medioambiental, sin esperar a análisis y resultados más concretos, que posiblemente serán imposibles de tener. Es decir, ¡qué dejen de predecir los políticos... pero que actúen!

Otra noticia sobre clima procedente también de la revista SCIENCE. Al finalizar la última glaciación, hace unos 18.000 años, el gas metano fue el responsable principal del incremento de la temperatura. Según un equipo internacional de investigadores la descomposición de los sedimentos orgánicos de los fondos de los grandes lagos *termokásticos* asiáticos y americanos condujo a la emisión de hasta el 85% del total del metano emitido a la atmósfera con un efecto invernadero que contribuyó notablemente al deshielo posterior al glaciar.

La última preocupante investigación, también relacionada con el clima se acaba de publicar en NATURE. Un estudio de la Universidad inglesa de East Anglia muestra que, por razones aún sin aclarar totalmente, el volumen de dióxido de carbono que absorben los océanos se ha visto reducido en la última década, hecho que podría acelerar el efecto invernadero. Los investigadores llevaron a cabo un total de 90.000 mediciones en el Atlántico Norte, entre mediados de los noventa del siglo pasado y el 2005, utilizando buques totalmente equipados. Estos resultados son inquietantes ya que dentro de un tiempo, el océano podría saturarse con las emisiones de dióxido de carbono fruto de la actividad humana.

ATV • Segundo tema relacionado con Julio Verne. La estación Espacial Internacional (ISS), necesita una comunicación física frecuente con la Tierra. Como enlace vital con la Tierra, el ATV (Automated Transfer Vehicle) será el transportador automático encargado de ello, trasladando combustible, alimentos, agua y equipos a la ISS. Más aún, una vez acoplado, el ingenio utilizará sus propios motores para corregir la órbita de la Estación, compensando así las pérdidas de altura regulares de ésta debidas al arrastre. Además, ayudará a evitar colisiones y a esquivar chatarra espacial. Al término de su misión, que durará cerca de seis meses, será cargado con desechos y se desintegrará al retornar a la atmósfera terrestre. El ATV será el primer vehículo europeo en efectuar un encuentro y un acoplamiento automáticos con una estación espacial.

El primer ATV, se ha bautizado con el nombre de Julio Verne, en homenaje a su intuición predictiva, y viajará prontamente al espacio a bordo de un cohete Ariane 5. ¿Cómo está la situación? Con algunos pequeños retrasos respecto a la primera fecha prevista, del 2007. En julio del 2007, a bordo del MN Toucan, desde el puerto de Rotterdam, se trasladó a su destino a Kourou, en la Guayana Francesa, no sólo el transportador (de 20 toneladas) sino hasta 400 toneladas de equipos y herramientas necesarios para su preparación.

La preparación, en varios países, y con diversos constructores ha durado más de tres años. En el centro de pruebas de la ESA en Noordwijk, Países Bajos, la nave Julio Verne ya pasó en 2006 por dos importantes pruebas de resistencia al entorno. La primera fue un ensayo acústico para verificar la capacidad de la nave para soportar los niveles de ruido que experimentará durante el lanzamiento. Después se realizó un ensayo de vacío térmico para verificar que Julio Verne, en estado activo, es capaz de soportar las duras condiciones del espacio exterior, con temperaturas extremas. También en otoño de 2006, en las mayores instalaciones de Europa para probar cascos de barcos, al Oeste de París, se ensayó con éxito la técnica del encuentro de Julio Verne. La estrategia más compleja ha sido la de asegurarse de que el hardware y el software del ATV están preparados para todos los escenarios posibles, nominales y no nominales, con los que Julio Verne podría encontrarse durante su vuelo, lo que significó intensas simulaciones en la planta de RSC –Energía de las afueras de Moscú, donde se han manufacturado el mecanismo de atraque del ATV, el sistema para repostar combustible y la electrónica asociada. La campaña global de ensayos, finalizada con éxito, sufrió retrasos importantes, ya superados, debido a problemas de la validación del GPS del segmento ruso.

Los Centros de Control del ATV están ubicados en Toulouse, Moscú y Houston lo que significa que, por primera vez en la era espacial, tres centros de control distribuidos por el globo deben trabajar coordinadamente.

El lanzamiento del ATV Julio Verne estará listo para principios de 2008 y en su interior transportará algunos ejemplares de las obras del escritor que le da su nombre.

EL ACONTECIMIENTO CIENTÍFICO DEL AÑO 2007

AL LLEGAR EL FINAL DE CADA AÑO LAS PRINCIPALES REVISTAS MUNDIALES DE LA CIENCIA Y LA INVESTIGACIÓN hacen un análisis de los acontecimientos más importantes, intentando descubrir cuál será el de mayor relieve para el futuro de la humanidad. Los escogidos por la revista SCIENCE son especialmente tenidos en cuenta. En el último número del 21 de diciembre, se dedica una amplia atención al que denominan *Breakthrough of the year*, descubrimiento del año, así como a otra serie de notables avances acaecidos, sin olvidarse del *Breakdown of the year*, pifia del año, así como de efectuar una rápida mirada a la bola de cristal que nos permita anticipar cuáles pueden ser los principales hallazgos del año 2008.

ÉXITO • Para la revista SCIENCE no ha habido duda que el puesto principal debe corresponderle al fenómeno de *la variación genética humana*. En los pasados años hemos escuchado hasta la saciedad lo tremendamente idénticos que somos genéticamente los humanos, entre nosotros mismos, e incluso en relación con nuestros primos cercanos los monos o nuestra lejana prima la *Drosophila melanogaster*, la mosca del vinagre.

Pero la situación es más compleja: ha pasado el momento de hablar del Genoma Humano para que pasemos a tratar de los Genomas Humanos. Del genoma de Ud., amable lector, o del genoma de cada uno de sus familiares y allegados. Ya se han secuenciado los genomas de diversas personas y en el año 2007 han tenido lugar numerosos avances en varios campos que nos han demostrado las grandes diferencias existentes en nuestros genomas. Tan pronto se analizan los genomas a nivel de individuos brotan las posibilidades de diferencias. No se trata ya de simples variaciones en un lugar y en una de las 4 letras de nuestro genoma, es decir, de los polimorfismos de un sólo nucleótido (SNP, dicho en inglés *snip*), sino de cómo son sus patrones de distribución y de cómo combinaciones concretas de genes particulares dan lugar a diferentes haplotipos.

Efectivamente, sobre una longitud de 3.000 millones de bases entre cada dos personas una diferencia de sólo un 0,1% representaría 3 millones de cambios o *snips*, pero ahora sabe-

mos que nuestras variaciones no se dan en formas individuales distintas, sino en forma de agrupaciones o equipos de *snips*. Cada uno de esas agrupaciones es un *haplotipo*, y de ahí nació el nombre *HapMap* que recibe la realización del inventario de haplotipos.

Los datos del HapMap en poblaciones sanas y enfermas ya han ayudado, el año 2007, a identificar algunos genes relacionados con diversas patologías como la fibrilación atrial, enfermedades autoinmunes, desorden bipolar, cáncer de mama, cáncer colorrectal, diabetes 1 y 2, hipertensión, desórdenes cardiovasculares, esclerosis múltiple y artritis reumatoide e, incluso autismo.

Aparte de ello, el año 2007 nos enseñó mucho respecto a la variabilidad y diversidad de nuestro ADN. Dentro de nuestro genoma puede haber de miles a millones de bases que se pierden, se añaden, se repiten o se duplican de formas variadas, de modo que, en unas pocas generaciones pueden suponer grandes cambios genéticos. Así, por ejemplo, se han encontrado estas variaciones en el proceso de las copias del ADN en poblaciones que se alimentan con dietas muy ricas en almidón, de modo que se adaptan a ello fabricando más copias de un gen relacionado con la digestión del almidón que lo hacen otros grupos humanos en cuya alimentación el almidón es menos frecuente.

Conforme las técnicas de secuenciación se abaraten, cosa que ocurre a gran velocidad, las aplicaciones médicas derivadas del HapMap se irán extendiendo en número y variedad dando lugar a una nueva y diferente Medicina.

ACCÉSIT • Otros nueve descubrimientos han sido los escogidos por SCIENCE como acompañantes al de la variabilidad genética humana:

1. Las nuevas técnicas de reprogramación celular que han permitido recientemente a científicos japoneses y americanos obtener células madre, células pluripotentes, a partir de células somáticas de mamíferos (ratón y humanas). Se comenta en otras páginas.
2. El descubrimiento hecho público por científicos del Observatorio argentino Pierre Auger de que las Galaxias con núcleos activos son las más probables candidatas a ser las fuentes de los rayos cósmicos de las energías más elevadas que llegan a la Tierra, resolviendo un antiguo misterio: la vinculación de los rayos cósmicos de mayor energía con los violentos agujeros negros. De este tema nos ocupamos en otro lugar de estas páginas.
3. El descubrimiento de la estructura del receptor beta-2-adrenérgico humano que partici-

- pa en multitud de importantes procesos celulares por lo que su modulación es muy importante en el tratamiento de muchas patologías.
4. Los avances en el manejo de los óxidos de metales de transición que pronto tendrán aplicaciones electrónicas.
 5. El aprovechamiento de una propiedad de los electrones, el *spin*. La nueva *espintrónica* revolucionará la electrónica y la informática, tal como comentamos en otro de estos artículos.
 6. El descubrimiento de los procesos moleculares inmunológicos de cómo los linfocitos T diferencian los mecanismos de su lucha a corto y a largo tiempo contra los tumores.
 7. Los nuevos y eficaces sistemas de síntesis químicas aplicados a la obtención de fármacos y componentes electrónicos.
 8. Las investigaciones en el hipocampo cerebral sobre la memoria y la imaginación de modo que los procesos de memoria cerebral pueden reajustar las experiencias pasadas para crear escenarios futuros.
 9. Los grandes avances en la inteligencia artificial que han permitido una competición entre superordenadores que previsible no podrá tener un ganador final.

OTROS • Para SCIENCE está claro cuál es el gran fracaso del año 2007 relacionado con la ciencia: mientras que los esfuerzos internacionales están logrando avances importantes en la comprensión del fenómeno del clima y del cambio climático, la parte negativa sería la posición aislacionista que mantuvo la administración Bush y su negativa a afrontar medidas eficaces para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero.

En cuanto a las predicciones para el año 2008 los analistas de la revista creen que se realizarán avances decisivos sobre los siguientes temas: papel del ARN micro, microorganismos fabricados por el hombre, nuevos materiales para los chip de los ordenadores, genomas de algunas bacterias patológicas humanas, genoma de los neandertales, circuito neuronal humano y las primeras aplicaciones derivadas del LHC, *Large Hadron Collider*, el gran acelerador europeo de partículas ubicado en el CERN de Ginebra.

Esperemos que sean una realidad.

Ciencia y Sociedad.
Mininoticias

EVOLUCIÓN • Para el científico Francis Collins, un gran líder mundial en Genómica, la evolución es la obra de Dios: "... creo que Dios tuvo un plan para crear unas criaturas con las que pudiera relacionarse, en las que pudiera inspirar una ley moral, en las que pudiera infundir un alma,... Yo creo que Dios utilizó el mecanismo de la evolución para conseguir su objetivo...". "Dios no se ve amenazado por nuestras aventuras científicas. La respuesta a esa preocupación sobre el azar y el caos es tratar de pensar más allá de nuestras limitaciones humanas del espacio y el tiempo. Si Dios es real, y yo creo que sí, entonces Dios está fuera de la naturaleza".

CIENTÍFICOS Y DIOS • Entre los creyentes se cuentan bastantes creadores de la ciencia moderna: Copérnico, Galileo, Newton, Kepler, Descartes, Linneo, Pasteur, Laplace. Grandes físicos, Nobeles de Física: Schrödinger, Max Planck, Carlo Rubbia ("para mí está claro que esto no puede ser consecuencia de la casualidad..."), Ilya Prigogine, Robert Jastrow (NASA). Entre los no creyentes: Arago (astrónomo), Richard Dawkins (THE GOD DELUSION), el Nobel Monod (EL AZAR Y LA NECESIDAD), Severo Ochoa ("¿Cree en un Dios personal y en la vida tras la muerte?". "No lo sé"), Carl Sagan, Stephen Hawking.

LIBRO • Entre la variada bibliografía que se puede consultar respecto a las relaciones entre Ciencia y Religión se puede entresacar la obra LOS CIENTÍFICOS Y DIOS, Ediciones Nobel, cuyo autor, Antonio Fernández-Rañada, es catedrático de Física Teórica de la Universidad Complutense de Madrid. El libro repasa las opiniones de muchísimos científicos célebres, desde Pascal, Kepler y Galileo, hasta Stephen Jay Gould, Stephen Hawking y Richard Feynman, sobre la existencia de Dios, la religión en general y la relación de ambas cosas con la ciencia.

SMITHIES • El profesor Smithies, Nobel de Medicina 2007, ha utilizado las técnicas genéticas del noqueo o inactivación de genes específicos para la obtención de ratones que sirvan de modelos de enfermedades hereditarias como la fibrosis quística o la talasemia sanguínea congénita. También para desarrollar otros modelos que se han dirigido a enfermedades humanas tan comunes como la diabetes, la hipertensión o la aterosclerosis.

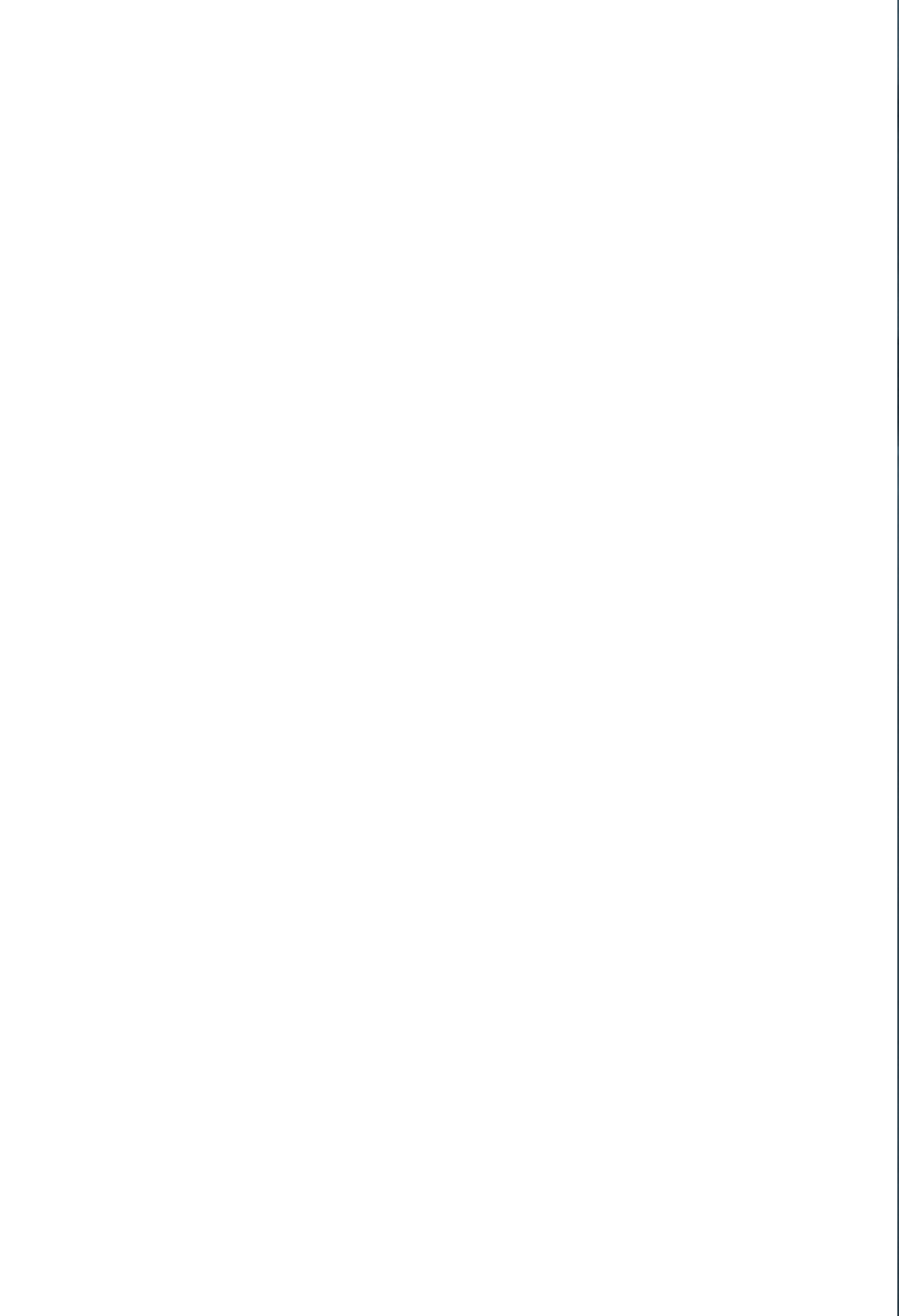
CAPECCHI • La investigación del Dr. Capecchi, Nobel de Medicina 2007, ha logrado aclarar el papel de diversos genes relacionados con el desarrollo de órganos en mamíferos y con la planificación del organismo. Su trabajo está siendo también muy importante para aclarar las causas de diversas malformaciones congénitas del organismo.

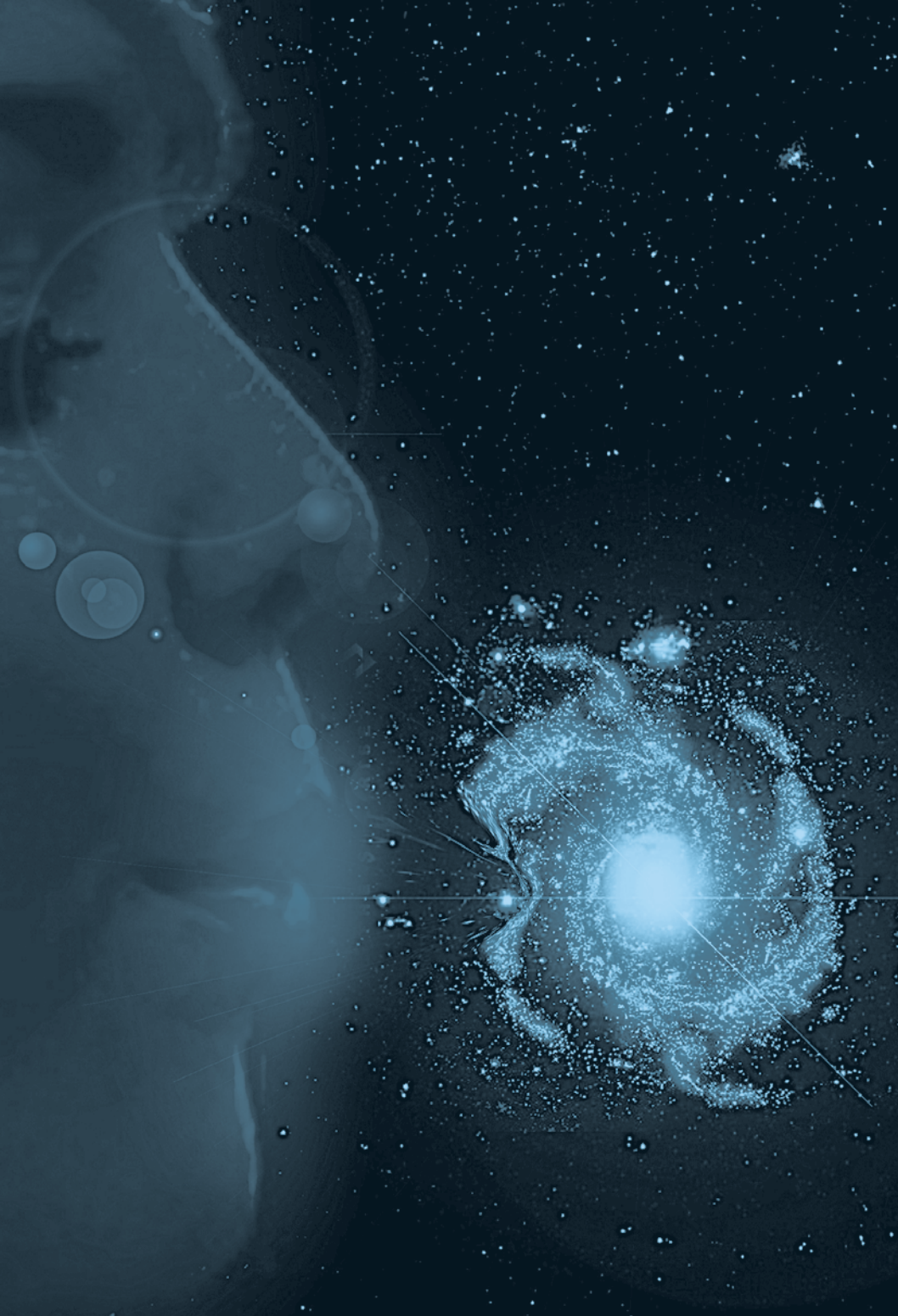
EVANS • El profesor Evans, Nobel de Medicina 2007, ha utilizado las técnicas de *apuntamiento* genético para desarrollar diversos modelos de ratones con enfermedades humanas. Entre ellos destaca un modelo de ratón noqueado que desarrolla una enfermedad humana de fibrosis quística, lo que le ha permitido usar esos modelos para estudiar los mecanismos patológicos de la enfermedad y para comprobar en esos animales los efectos de varias aproximaciones de terapia génica.

INSTITUTO DEL FRÍO • El Instituto del Frío se creó en 1951, con el nombre de Centro Experimental del Frío, para dar respuesta a las necesidades de investigación de los diferentes sectores de la industria frigorífica española. En el año 1977 cambió el nombre al que posee en la actualidad y, paulatinamente, en los últimos treinta años ha extendido su campo de investigación hacia la Ciencia y Tecnología de Alimentos, área del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a la que pertenece en la actualidad.

FULGENCIO SAURA • El Dr. Fulgencio Diego Saura-Calixto, nacido en Villanueva de la Fuente, Ciudad Real, químico por la Universidad de Murcia, ha desarrollado una amplia carrera profesional en Oviedo, Baleares, Cambridge, Zurich, Edimburgo, Alcalá de Henares, etc., y actualmente es profesor de investigación en el Instituto del Frío del CSIC, en el departamento de Metabolismo y Nutrición, donde, entre otras, dirige una línea de investigación sobre fibras dietéticas. Los resultados de sus investigaciones sobre las fibras presentes en los vinos y en el café han sido destacados por relevantes medios científicos internacionales de divulgación. Entre otras patentes ha realizado una referente a la fibra de la uva, que tiene unas notables propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud.

EL UNIVERSO





SUNSHINE, ¿CUÁNTO DE CIENCIA?

Sinopsis: ESTAMOS EN EL AÑO 2057, EL SOL ESTÁ AGONIZANDO, LA TIERRA SE CONGELA Y LA HUMANIDAD SE EXTINGUE. La última esperanza recae en el Ícaro II, una nave espacial con una tripulación de ocho hombres y mujeres comandados por el capitán Kaneda. Su misión: transportar un dispositivo nuclear diseñado para volver a activar nuestro agonizante Sol. Un terrible accidente pone en peligro la misión y pronto la tripulación se encuentra luchando no sólo por sus vidas y su estabilidad mental, sino por el futuro de todos nosotros.

ASESORÍAS. El verano es buena fecha para evadirse contemplando filmes llamativos e imaginativos. Estrenada en abril del año 2007, la película *Sunshine* cuenta con un conocido director (Danny Boyle: *Una historia diferente*, *28 días después*, *La playa*), un experto guionista (Alex Garland) y un buen reparto encabezado por Cillian Murphy. Siendo una película de ciencia-ficción, podemos preguntarnos ¿qué es, más ciencia o más ficción? ¿Existe peligro de que el Sol llegue a apagarse? ¿En qué plazo? ¿Podría influir el hombre en el proceso?

El filme ha contado como asesor científico con Brian Cox, profesor de la Facultad de Física y Astronomía de la Universidad de Manchester e integrante del CERN en Ginebra, quien durante el rodaje de la película acompañó al equipo en algunas ocasiones, al igual que Cillian Murphy, el excelente actor intérprete del científico héroe de la trama, quien también visitó las instalaciones del CERN en Ginebra e, incluso, recibió alguna instrucción sobre Física.

El soporte científico manejado por Cox para considerar la posibilidad teórica de interferir con la muerte física del sol por enfriamiento se basó en la hipótesis de que las gigantescas explosiones de rayos gamma del cosmos provoquen la muerte de las estrellas de neutrones al tiempo que las partículas *Q-balls* envían gran parte de la masa como neutrinos. Y es que, en algunas versiones de la teoría física de la supersimetría, enunciada hace más de medio siglo, las partículas (neutrinos, quarks, electrones) pueden formar aglomeraciones gigantes, casi tanto como los *núcleos supersimétricos* conocidos como *Q-balls* que también se habrían creado justo en el instante del BigBang. Si una de esas hipotéticas *Q-balls* llegase al corazón de una

estrella, podría comenzar a *comerse* la estrella desde dentro como un cáncer, lanzando masa de la misma al espacio.

En todo caso, para capturar esas Q-balls se necesitarían estrellas muy densas, estrellas de neutrones. Por tanto, la hipótesis, no es aplicable al Sol, cuya densidad es muchísimo menor que la necesaria para que operasen las hipotéticas Q-balls. Pero en el filme, obviamente, no se comentan estos hechos.

MUERTE • En todo caso, ¿es cierto que se nos muere el Sol? Sí, pero nunca en unas cinco decenas de años como se plantea el filme. Los tiempos solares son de otra magnitud. Por ejemplo, los rayos solares que nos están bronceando este verano salieron del núcleo solar hace unos 700.000 años, es decir cuando ni el *Homo sapiens* ni tampoco los neandertales habían aparecido.

En el interior del Sol se producen reacciones de fusión en las que los átomos de hidrógeno se transforman en helio, produciéndose energía que se irradia. Actualmente, el Sol se encuentra en plena secuencia principal y así seguirá unos 4.000-5.000 millones de años más. Tras ello, cuando el hidrógeno de su núcleo sea más escaso, se contraerá y se encenderá la capa de hidrógeno adyacente, pero esto no bastará para frenar el colapso. Seguirá compactándose el núcleo hasta que su temperatura sea lo suficientemente elevada como para fusionar el helio del núcleo. Pero simultáneamente se expandirán las capas exteriores de la envoltura, disminuyendo su temperatura hasta la región roja del espectro. El Sol se habrá convertido en una estrella gigante roja.

El radio del Sol, para entonces, será tan grande que previamente habrá engullido a Mercurio, Venus y, posiblemente, a la Tierra. Durante su etapa como gigante roja (unos 1.000 millones de años) el Sol irá expulsando gas cada vez con mayor intensidad. En los últimos momentos el núcleo y sus alrededores alcanzarán un estado de la materia muy concentrado en el que las repulsiones de tipo cuántico entre los electrones extremadamente cercanos (degenerados) frenarán el colapso. Quedará un remanente estelar, una enana blanca de carbono y oxígeno que se irá enfriando paulatinamente.

Tampoco el filme, evidentemente, contempla estos hechos.

CLIMA • La película se basa en que la Tierra se congela porque el Sol se va apagando. ¿Existe esa relación directa entre clima terrestre y actividad solar? Este es uno de los puntos

más controvertidos ya que científicamente no existe consenso al respecto, como es bien sabido por el actual debate sobre el cambio climático. En estas páginas nos hemos referido en otras ocasiones al efecto antropogénico así como al de las tormentas solares. Hoy vamos a exponer otros argumentos más geológicos, basados en los propios planetas.

Así, la mejor hipótesis para explicar los cambios bruscos de clima de Marte en los últimos 4 ó 5 millones de años se basa en las variaciones en la oblicuidad (dirección en la que apunta el eje de rotación del planeta). Ello no tiene nada que ver con el Sol. En cuanto a la Tierra, cuando nació, su clima era mucho más cálido y, sin embargo, el Sol era un 30% menos brillante que ahora. Una posible explicación sería que la Tierra estaba rodeada por una atmósfera masiva de CO₂, que como sabemos es un gas de gran efecto invernadero. Pero, ¿por qué no hay huellas de glaciaciones al principio de la historia de la Tierra, y sí, en cambio, posteriormente, con el Sol más caliente? Más aún, la Tierra se congeló casi por completo hace entre seiscientos y novecientos millones de años, y el Sol no era diferente al de ahora. Otro dato: durante los siglos (XIII-XVIII) de la llamada *Pequeña Edad de Hielo* tampoco hay indicios de alteraciones en el Sol hasta sus últimos 70 años (el llamado *Mínimo de Maunder*) y algunos científicos buscan la causa en un cambio en la salinidad del Atlántico Norte que interrumpió temporalmente la corriente del Golfo.

Según todo ello, la actividad solar sólo retocaría el clima, cuyas causas más importantes radicarían en los propios planetas. El clima de la Tierra no es lineal, tiene máximos y mínimos térmicos con duraciones de centenares de millones de años, distribuidos además sin ningún ritmo aparente. Este es uno de los grandes problemas no resueltos de la historia de la Tierra, y por extensión del Sistema Solar.

En suma, Sunshine es ciencia-ficción, pero más ficción que ciencia.

EL DISCUTIDO PROYECTO HAARP

LAS REGIONES ÁRTICAS TIENEN UN VALOR CIENTÍFICO INIGUALABLE por lo que no es de extrañar que rusos y americanos discutan la primacía de determinadas iniciativas y zonas. Recientemente los medios de comunicación se referían al incidente provocado por la colocación de una bandera rusa en los fondos marinos del polo sur.

No lejos de allí, a menos de 3.000 km de distancia, en Alaska, se encuentra la pequeña población (215 habitantes) de Gakona, adyacente al Parque Nacional Wrangell-St.Elias. Y, en las proximidades de Gakona, sobre una parcela de unos 150.000 metros cuadrados la Fuerza Aérea Americana posee las instalaciones del complejo HAARP (High Frequency Advanced Auroral Research Project), o programa de investigación de aurora activa de alta frecuencia.

¿Cuáles son sus propósitos? Las contestaciones dependerán de la interpretación de los interlocutores e irán desde la loable y pura investigación básica a las más abominables acciones destructivas como la creación de catástrofes climáticas.

IONOSFERA • Recordemos que nuestro planeta está protegido por la atmósfera, que se divide en varias capas. La primera es la troposfera, que se extiende unos 16 kilómetros desde el nivel del suelo. Entre los 16 y los 48 kilómetros se sitúa la estratosfera, donde se encuentra el ozono. Desde los 48 a los 350 kilómetros de altura se extiende la ionosfera. En ella, el aire es menos denso y las radiaciones energéticas que llegan del exterior convierten las moléculas de gases en iones, de ahí el nombre de ionosfera. Más allá se encuentran los llamados *cinturones de Van Allen*, que captan ciertas partículas energéticas que intentan penetrar en la Tierra desde el espacio exterior.

La presencia de iones y electrones en la ionosfera hace que la radiación electromagnética de origen terrestre pueda ser absorbida, reflejada y distorsionada. Ello causa fenómenos como el que una emisora de radio FM cuyo rango de alcance sea de unas decenas de kilómetros durante el día pueda llegar en algún momento de la noche y en algún lugar específico a ser escuchada a miles de kilómetros de distancia.

Por tanto, el conocimiento de la ionosfera es básico para el funcionamiento de buena

parte de los sistemas de comunicación de alta frecuencia y distancia conocidos (entre ellos los GPS y el resto de satélites) ya que sus ondas interfieren con la ionosfera.

HAARP • El proyecto HAARP comenzó en 1993 (<http://www.haarp.alaska.edu/haarp/index.html>) y se unió a otros proyectos parecidos en el mundo buscando una mejor comprensión de la ionosfera y el uso práctico de sus propiedades para aplicaciones concretas. Entre ellos se pueden citar algunos militares, americanos, como el *Project Starfish* (1962), el *SPS* o el *Solar Power Satellite Project* (1968), posteriormente convertido en el *SPS Military Implications* (1978), etc. En otros países también existen proyectos relacionados con el estudio de la ionosfera como ocurre con los *calentadores ionosféricos* de Arecibo, Puerto Rico, Noruega o la antigua Unión Soviética.

El *HAARP* pronto se convirtió en el más ambicioso de todos los proyectos. Las instalaciones, que se han completado con los más complejos y sofisticados instrumentos de investigación cuentan, desde el año 2004, entre otros sistemas con un reticulado rectangular de $15 \times 12 = 180$ antenas orientadas al cielo que emiten señales de alta frecuencia (2,8-10 MHzs) con una potencia total emisora superior a 1 gigavatio. Los pulsos emitidos por esas 180 antenas del proyecto HAARP estimulan a la ionosfera que actúa con un efecto espejo creando ondas específicas capaces de recorrer grandes distancias a través de la atmósfera inferior, para penetrar luego dentro de la Tierra y tras los correspondientes estudios y análisis servir para encontrar depósitos de misiles, túneles subterráneos, recursos minerales, permitir la comunicación con submarinos sumergidos, etc.

Otra posibilidad del HAARP es interactuar con el *electrojet*. ¿Qué es el electrojet? Existe una electricidad flotando sobre la Tierra llamada *electrojet aureal* y al depositar energía en ella se varía el medio, cambiando la corriente y generando *ondas LF* (Low Frequency) y *VLF* (Very Low Frequency). HAARP podría ofrecer la posibilidad de acercar el electrojet a la Tierra con el objetivo de aprovecharlo en una gran estación generadora, consiguiendo hacer realidad, en cierto modo, *el efecto TESLA* de transmisión de grandes cantidades de energía mediante ondas. Los efectos pueden afectar a fenómenos climáticos, comunicaciones eléctricas y por cable e, incluso algunos piensan, que al propio comportamiento humano.

AGOREROS • Mientras los defensores del HAARP aducen un sinfín de ventajas de

carácter científico, geofísico y militar, sus detractores están convencidos de que podría tener consecuencias catastróficas para nuestro planeta, teniendo lugar desde arriesgadas modificaciones en la ionosfera hasta la manipulación de la mente humana. Existen libros e infinidad de artículos críticos y se ha intentado involucrar en el tema a diferentes organismos internacionales. Algunos llegan a afirmar que es un proyecto para manipular el mundo e, incluso, ya le atribuyen la autoría de ciertos maremotos, terremotos, inundaciones o sequías concretas.

Existe un punto de partida inicial incontrovertible y es el de que la energía impulsada a la ionosfera por el HAARP sería tan sólo una ínfima parte de las radiaciones que le llegan de un modo natural y que la frecuencia de la radiación es bastante diferente de la que puede causar peligro para los seres humanos. En todo caso este tipo de proyectos es el ejemplo de los que deberían ser sometidos a la opinión pública y a un cierto control social ya que, posiblemente de un modo leve pero real, con ellos se modifican sistemas muy delicados como el de la ionosfera, y las consecuencias de esas variaciones son difíciles de predecir.

Para finalizar, con un poco de ironía se podría citar la frase de Pablo Capanna, filósofo, periodista, docente y escritor nacido en Italia y radicado en Argentina que es profesor en la Universidad Tecnológica Nacional: “Podrá discutirse si el HAARP es o no peligroso, pero existe algo mucho peor a lo cual parece que nos hemos acostumbrado. Se trata de una vasta red planetaria de antenas, cuyas ondas atraviesan la ionosfera y rebotan hasta en los lugares más recónditos del globo. Sus pestíferas radiaciones reblandecen el cerebro de los mamíferos superiores, provocando una encefalopatía esponjiforme peor que en las vacas. Suelen inducirlos a quedarse horas pasmados ante un hato de prójimos en cautiverio como si miraran un criadero de pollos, o a extasiarse ante algunos ejemplares que se enroscan afanosamente en un barrote vertical. *Es la televisión, claro...*”.

PIERRE AUGER: UN PROYECTO CÓSMICO

EL 16 DE ENERO DE 1966 OCURRIÓ LO IMPREVISTO cuando dos superbombarderos americanos B-52G, provistos cada uno con cuatro bombas termonucleares se disponían a abastecerse de combustible en pleno vuelo. Un error de conexión provocó la colisión entre uno de los bombarderos y el avión nodriza, el incendio de ambos aparatos y la caída de las cuatro bombas de hidrógeno sobre Palomares. Dos de los proyectiles explotaron su carga convencional, otra de las bombas quedó intacta y la cuarta se perdió en el fondo del mar. Tres meses después, todo el poderío americano no había conseguido la recuperación de esta última hasta que un humilde pescador de Águilas, Francisco Simó, *Paco el de la bomba*, casi la sacó con sus redes y dio la referencia exacta de su situación.

SERENDIPIA • También en ciencia el concepto de suerte, serendipia, ayuda a los grandes avances. Se busca algo, ocurre algo imprevisto, casual, y al final se llegan a descubrimientos importantes. Así sucede con el tema que comentamos hoy, de acuerdo con el compromiso adquirido con los amables lectores, ya que es el segundo de los temas pendientes de entre los que destacaba recientemente la revista SCIENCE como más sobresalientes del año 2007.

Tres acontecimientos imprevistos e inexplicables son los precedentes. En febrero de 1962, en el observatorio del Instituto Tecnológico de Massachusetts de Volcano Ranch (Nuevo Mexico, EE.UU.), se detectó un rayo cósmico con una energía 50 veces superior a las conocidas hasta entonces, superando la cifra, en electrón-voltios, de 10 elevado a 20. Nació un misterio cósmico.

El 15 de octubre de 1991 en el desierto americano de Dugway Proving Grounds, Utah, sucedió también algo imprevisto. Allí se ubica el detector de rayos cósmicos Fly's Eye. Los investigadores quedaron pasmados cuando detectaron uno de ellos, con una energía (en electrón-voltios) de 3,2 veces 10 elevado a 20, enormemente superior, hasta 6 veces, a lo que se establecía como posible, pues partículas tan energéticas no podían existir en el universo, ya que la teoría decía que perderían rápidamente su energía en colisiones con la radiación universal de microondas, el residuo del Big Bang (gran explosión).

Dos años más tarde, el 3 de diciembre de 1993 al otro lado del mundo, en Akeno, a 120 kilómetros de Tokyo, donde se ubica el observatorio AGASA con 111 detectores de partículas distribuidos sobre una superficie de 100 kilómetros cuadrados, se registraba otro acontecimiento similar *imposible*, detectándose un rayo cósmico con una energía (en electrón-voltios) de 2 veces el número 10 elevado a 20.

RAYOS CÓSMICOS • Los rayos cósmicos son partículas subatómicas que proceden del espacio exterior con una gran velocidad, cercana a la de la luz, lo que les confiere una alta energía. Su descubrimiento se derivó del conocimiento de que la conductividad eléctrica de la atmósfera terrestre se debía a la ionización causada por radiaciones de alta energía. La mayoría de estas partículas son núcleos de átomos o electrones. Algunas de ellas son más energéticas que cualquier otra partícula observada en la naturaleza millones de veces más energía que las partículas producidas por cualquier acelerador en el mundo.

Los rayos cósmicos nos llegan desde el espacio y bombardean constantemente a la Tierra desde todas las direcciones. Su origen no está claro. Se creía que los de baja energía provienen de nuestra galaxia, la Vía Láctea, de la explosión de estrellas llamadas supernovas y que la mayoría de rayos cósmicos ultra-energéticos probablemente procedan de fuentes fuera de la Vía Láctea, pero ¿de dónde? Al desconocerse los posibles orígenes en el Cosmos de partículas con estas energías, ni siquiera en las más violentas explosiones de estrellas, de ahí el interés de su estudio, ya que pueden desvelarnos secretos respecto de la evolución y posiblemente el origen del universo.

El estudio de los rayos cósmicos comenzó hace casi 100 años, en 1912, cuando Víctor Hess, premio Nobel de Física en 1936, en un globo a una altura de 5.000 metros, descubrió una *radiación penetrante* proveniente del espacio. El suyo fue el primero de muchos viajes audaces realizados por los físicos para estudiar los rayos cósmicos. En 1932 Robert Millikan emitió la teoría de que eran rayos gamma del espacio, de ahí el nombre *rayos cósmicos*. En 1938, el investigador Pierre Auger, usando detectores de partículas en los picos de los Alpes, descubrió los de alta energía, a través de los *chubascos aéreos extendidos*, causados por su colisión con moléculas de aire. Paulatinamente fue creciendo la evidencia de que los rayos cósmicos eran en su mayoría partículas energéticas y se fueron identificando en ellos componentes y subpartículas elementales.

OBSERVATORIO AUGER • En 1995, James Cronin, premio Nobel de Física de 1980, con el apoyo de diversas instituciones internacionales lideró a un grupo internacional de 140 investigadores de 15 países, reunidos (física o informáticamente) en el Fermilab de Chicago, para diseñar un nuevo observatorio de rayos cósmicos, el Proyecto Pierre Auger, especializado en detectar rayos cósmicos de más alta energía.

El Observatorio Auger estará emplazado en dos sitios: en Colorado, USA, en construcción, y en el Hemisferio Sur, en la zona de Malargue, al este de la cordillera de los Andes, en la provincia de Mendoza, Argentina, ya operativo. Cada sitio consistirá en una red de 1.600 detectores, distanciados a 1,5 km entre sí, que cubren una superficie de 3.000 km² en cada caso. La red de detectores de superficie se complementa con otra red de detectores, un conjunto de 24 telescopios de alta sensibilidad. La combinación de la información aportada por ambos sistemas permite conocer con una gran precisión la dirección de llegada, energía y naturaleza del rayo cósmico.

La colaboración Pierre Auger involucrará a más de 370 científicos de 60 instituciones, pertenecientes a 19 países que comparten los costos. España es miembro de pleno derecho desde 2002, con la incorporación del grupo de astrofísica de partículas de la Universidad de Santiago de Compostela. En la actualidad cinco instituciones españolas participan activamente, entre ellas el grupo de Física de Altas Energías y Astropartículas de la Universidad de Granada, el grupo dirigido por Fernando Arqueros de la Universidad Complutense de Madrid, y la Universidad de Alcalá, con el grupo dirigido por Luis del Peral.

Los primeros grandes resultados obtenidos por el Observatorio Pierre Auger demuestran que la procedencia de núcleos atómicos extraordinariamente energéticos está relacionada con un conjunto relativamente cercano de Núcleos Galácticos Activos (AGNs), es decir, agujeros negros supermasivos que devoran grandes cantidades de materia de la galaxia que los aloja, emitiendo a cambio gigantescas cantidades de radiación. El hallazgo se publicó en noviembre del 2007 en la revista SCIENCE inaugurando una nueva rama de la astronomía al encontrar evidencias de que la mayor parte de las partículas de rayos cósmicos provienen de una galaxia cercana, Centaurus.

EL UNIVERSO NACIÓ LÍQUIDO

EN UN ARTÍCULO PUBLICADO HACE VARIOS AÑOS NOS HACÍAMOS ECO (véase http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/6_2_1.html) de la pugna Europa-EE.UU. por construir un gran acelerador de partículas y de cómo Europa seguía adelante con su ambicioso proyecto LHC (Large Hadrons Collider), mientras que Estados Unidos abandonaba su propio proyecto SSC (Superconducting Super Collider). Los grandes aceleradores de partículas son imprescindibles para poder investigar las partículas de las que se compone actualmente la materia y para conocer como se originó y evolucionó nuestro Universo en los instantes inmediatos a su nacimiento con el Big Bang. En el mundo existen unos pocos que sean funcionales o estén a punto de funcionar.

ACELERADORES • Los más importantes son:

SLAC o Stanford Linear Accelerator Center, se ubica al sur de San Francisco y es el acelerador lineal más largo del mundo. Acelera electrones y positrones a lo largo de sus 2 millas de longitud, hacia varios blancos, anillos y detectores ubicados en su finalización. Como anexo se está reconstruyendo un anillo para la fábrica B, que estudiará algunos de los misterios de la antimateria, usando *mesones B*.

FERMI es un laboratorio de física de altas energías, llamado así en honor al físico Enrico Fermi, pionero en física de partículas; se encuentra localizado 30 millas al oeste de Chicago. Es el lugar en el que está instalado el acelerador más potente del mundo, el Tevatrón, usado para descubrir el *top quark*.

CESCR, anillo de almacenamiento de electrones-positrones de Cornell es un colisionador de *electrones-positrones* con una circunferencia de 768 metros, localizado a 12 metros de profundidad en el campo de la Universidad de Cornell.

DESY, localizado en Hamburgo, Alemania. En él se descubrió el *gluón* en el acelerador PETRA. DESY consta de dos aceleradores: HERA y PETRA. En estos aceleradores se hacen colisionar electrones y protones.

KEK, en Japón, que cuenta con un sincrotrón de protones de 12 GeV (billones de elec-

tron-voltios). El siguiente paso del programa de física de altas energías del KEK fue un acelerador llamado TRISTÁN, para colisión de haces de electrones y positrones, a 30 GeV.

Instituto de Física de Altas Energías (IHEP) en Beijing, República Popular China.

LHC (gran colisionador de hadrones) es el gran proyecto europeo del CERN (laboratorio Europeo de Física de Partículas, en Ginebra) que se sumará al existente LEP. El CERN es el laboratorio internacional donde fueron descubiertos los bosones W y Z y también es el lugar donde nació la World-Wide Web de Internet. El LHC buscará los bosones Higgs y nuevas partículas y fuerzas fundamentales.

RHIC • En el año 2000 se puso en marcha en el Laboratorio Nacional de Brookhaven, en Upton, Nueva York, el RHIC (Colisionador Relativista de Iones Pesados), un acelerador de partículas en el que se hacen colisionar núcleos de átomos pesados, principalmente de oro o plomo. El RHIC tiene como misión estudiar los primeros instantes de la vida del Universo, cuando empezaron a condensarse las primeras formas de materia. Para ello, se provoca la colisión frontal de núcleos de átomos pesados acelerados a velocidades muy próximas a la de la luz, colisión que genera una sopa de partículas a una altísima concentración de energía, similar a la que existía tras el Big Bang.

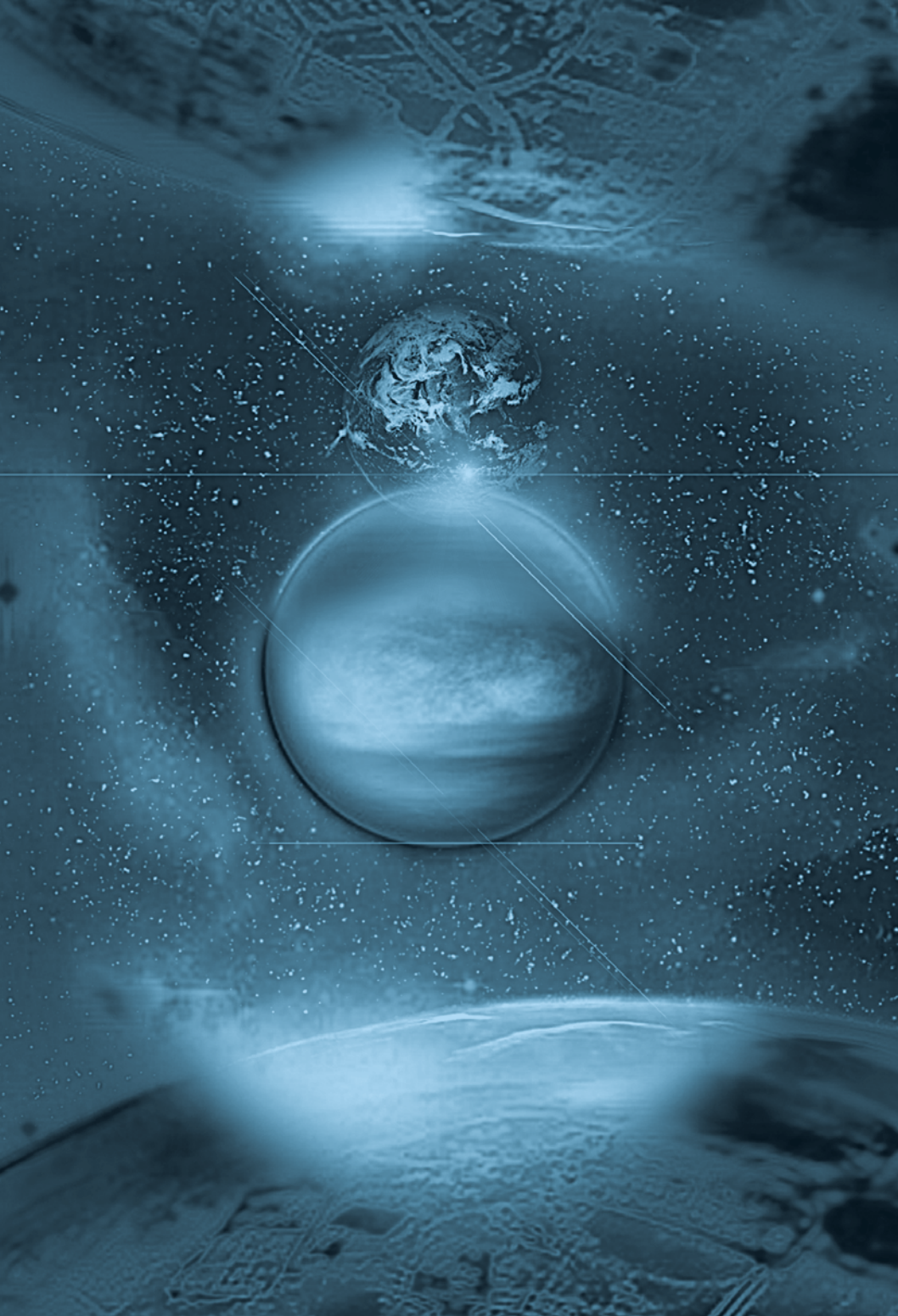
La materia hecha en RHIC es un plasma consistente de quarks y gluones, los componentes más básicos de todo lo que nos rodea. Los quarks se combinan en tríos para formar los protones y neutrones que componen el núcleo de todo átomo. Pero mientras que se puede observar un protón o neutrón aislado, no podemos observar un quark. Los quarks están confinados a perpetuidad a vivir en grupo. De hecho, cuanto más se les trate de separar, mayor se vuelve la fuerza que los une. Esto es parte de la teoría de la cromodinámica cuántica (QCD), que describe cómo la fuerza entre los quarks es transportada por gluones sin masa. En la QCD, es el vacío lo que aprisiona a los quarks. Aunque pueda sonar como un lugar estéril, el vacío de la QCD es como una arena compleja y dinámica. Tiene partículas virtuales que aparecen en pares, luego se aniquilan y vuelven a desaparecer. Es frecuentado por criaturas extrañas de diversas clases, así como por nudos y torceduras topológicamente complejos, emparentados con los *wormholes*, que son lugares donde el espacio se retuerce sobre sí mismo y parece traicionero. Estos nudos y torceduras trazan trayectorias para que viajen los gluones, manteniendo juntos los quarks. La única manera de despegar a los quarks es *derretir el vacío* existente entre ellos. Pero el vacío no permite hacer esto fácilmente.

UNIVERSO LÍQUIDO • Tras la gran explosión, tiempo 0 del Universo, la era de la gravedad cuántica duró tan sólo una décima de la cuatrillonésima parte de una trillonésima de segundo. La era de la expansión universal se extendió otro minúsculo instante 100 millones de veces superior al anterior. La fase electrodébil en la que se diferenciaron las fuerzas electromagnéticas y débiles duró 100 cuatrillones de veces más y comenzaron a formarse las partículas quarks y gluones, a temperaturas de 20.000 millones de grados, hasta que pasadas diez millonésimas de segundo tras el Big Bang, la temperatura bajó a unos 6 mil millones de grados. La zona de tiempo que va entre medio microsegundo y 50 microsegundos de vida del Universo es la que pueden reproducir y estudiar los grandes aceleradores.

La zona intermedia de ese periodo (desde 1 a 8 microsegundos) es la adecuada para el RHIC deduciéndose que el Universo era un hirviente remolino de partículas elementales, quarks y gluones. A partir de ese tiempo quedaron ligados en los protones y neutrones. La recreación microscópica de ese Universo se ha conseguido con el choque entre sí de núcleos de oro moviéndose a la velocidad de la luz y el gran hallazgo es que el medio se comporta en esas condiciones como un líquido casi perfecto y no como un gas, como se creía hasta ahora. “En vez de volar pasando unas a otras, como en un gas, en un líquido las partículas se mueven más coherentemente”, dice el físico Edward Shuryak, director del Centro de Teoría Nuclear en la Universidad Stony Brook de New York. De hecho, la fuerza de las interacciones en el plasma de quarks y gluones lo convierte en el líquido más ideal jamás observado, ya que sería entre 10 y 20 veces más líquido que el agua. Parece, pues, que desde el momento del Big Bang hasta 10 microsegundos más tarde, el universo fue líquido.

En cuanto al periodo inmediatamente anterior al estudiado por el acelerador americano RHIC, es decir, el comprendido entre 0,1 y 1 microsegundo, habrá que esperar poco para su abordaje, tan sólo a la prevista puesta en funcionamiento, prevista para este año del acelerador europeo LHC, en Ginebra, cuya potencia y características permitirán comenzar esa investigación. El LHC se convertirá en el mayor acelerador de partículas del mundo en el año 2008 y prestará servicio a más de 2.000 físicos de 34 países, universidades y laboratorios. Su túnel de 3 metros de diámetro es una circunferencia de 27 km de longitud (que usaba el LEP) situada a una profundidad entre 50 y 150 metros bajo tierra.





EL TOP 10 DE LOS EXOPLANETAS

NUESTROS JÓVENES, QUE VIVEN LA CULTURA DE LA *GUERRA DE LAS GALAXIAS*, están familiarizados con nombres como Coruscant, Endor y Hoth. ¿Lo están igualmente con otros como V391 Pegasi, 55 Cancri o Gliese 436? La diferencia es que mientras los primeros corresponden a ficciones los segundos son los nombres de cuerpos celestes reales, concretamente de exoplanetas.

HADHARZY • La Universidad de Nueva York ofrece varias de las más prestigiosas ofertas formativas periodísticas del mundo. Entre ellas un programa de 16 meses, el Master en SHERP, iniciales inglesas de lo traducible como *Periodismo sobre Ciencia, Salud y Medio Ambiente*. El número de admisiones se limita a 15 lo que puede servirnos para poner de relieve la demagogia del sistema universitario español en cuanto a la selección y número de estudiantes, prácticamente ilimitados.

Con tales premisas la calidad de los alumnos del SHERP es tal, que prestigiosas publicaciones como Scienceline (<http://scienceline.org/>) o SCIENTIFIC AMERICAN les confían sus contenidos. Entre los actuales alumnos de la promoción 26, se encuentra Adam T. Hadharzy, un brillante graduado del Boston College en Literatura y Filosofía. Su integración en el SHERP vino obligada por su pasión por la ciencia y su convencimiento de la importancia de una adecuada comunicación de la información científica para ayudar a que se produzcan las correctas decisiones públicas.

Actualmente, Hadharzy es un brillante e importante colaborador de las informaciones y artículos electrónicos que ofrece la gran revista de alta divulgación SCIENTIFIC AMERICAN. Dentro de la vasta gama de sus artículos recientemente publicó uno dedicado a los exoplanetas que nos puede servir de excusa para los comentarios de hoy.

EXOPLANETAS • El universo tiene millones de galaxias. Prácticamente todos los objetos celestes detectables a simple vista (excepto la galaxia Andrómeda) pertenecen a nues-

tra Vía Láctea y se calcula que existen unos 100 mil millones de estrellas en la Vía Láctea. Nuestro sistema planetario constituye sólo una minúscula fracción de ellas.

Por ello nos podríamos preguntar ¿cuántos sistemas solares parecidos al nuestro existen? ¿Con cuántos planetas cuentan? Hasta recientemente, 1991, no existía ninguna respuesta para estas preguntas. Ese año se descubrió el primer exoplaneta o planeta perteneciente a otro sistema solar diferente al nuestro. En los 17 años transcurridos se han hallado más de 300 exoplanetas y la carrera de los descubrimientos es acelerada. Los especialistas piensan que el número de estrellas con planetas oscila entre un 30 y un 50%. Ello significa que sólo en la Vía Láctea quedarían por descubrir hasta 50 mil millones de sistemas planetarios y, por tanto, miles de millones de diferentes planetas ya que, a semejanza con nuestro propio sistema solar, en cada sistema planetario pueden haber varios planetas.

Por ahora no existe ninguna similitud real respecto a la variedad de mundos habitables que nos ofrece la saga de las Guerra de las Galaxias, ya que ninguno de los exoplanetas localizados se parece lo suficiente a la Tierra como para albergar vida. La gran mayoría son cuerpos grandes y gaseosos que giran cerca de la estrella principal del sistema. También es cierto que las limitaciones de los actuales métodos de detección, principalmente indirectos, hace muy difícil la detección de planetas pequeños como la Tierra. Por ello la NASA y otras organizaciones espaciales han lanzado misiones, o tienen planes para hacerlo, con el objetivo de identificar mejor a los planetas similares a la Tierra. El satélite europeo COROT (*CONvection ROTation and planetary Transits* o, traducido, CONvección, ROTación y Tránsitos planetarios) está buscando con éxito exoplanetas desde 2007 y a principios del año próximo la NASA tiene previsto lanzar el *Telescopio Espacial Kepler*. Este instrumento observará simultáneamente a 100 mil estrellas desde una órbita solar durante cuatro años para intentar descubrir los pequeños planetas del tipo terrestre. Y el proyecto New Worlds Observer (NWO) u *Observador de Nuevos Mundos*, programado para fines de la próxima década espera tomar imágenes directas de los exoplanetas y estudiar sus atmósferas en búsqueda de signos reveladores de vida, como el oxígeno y el vapor de agua.

TOP 10 • Un pulsar es una estrella de neutrones que giran rápidamente constituyendo el residuo superdenso de alguna estrella masiva que ha explotado como supernova. La primera evidencia real de la existencia de algún planeta extrasolar se remonta al año 1991 cuando los científicos dedujeron que dos cuerpos deberían estar orbitando al pulsar 1257/Virgo.

Bautizados con los nombres PSR 1257 b y PSR 1257 c, se calculó que su distancia a la Tierra era de 978 años-luz (un año-luz equivale a la distancia de 9,46 billones de kilómetros) y que sus respectivas masas eran 4,1 y 3,8 veces superiores a la de la Tierra, estando situados a una distancia de 0,36 y 0,46 unidades AU (1 AU equivale a la distancia media Sol-Tierra, unos 150,6 millones de kilómetros) respectivamente.

Indudablemente, por razones históricas, estos planetas deben figurar los primeros en la lista de los top 10, pero ¿cuáles podrían ser los siguientes?:

51 Pegasi b (Pegaso), descubierto en 1995, fue el primer exoplaneta, orbitando cada 4 días a una estrella parecida a nuestro Sol. Perteneció al grupo de los conocidos como Júpiteres calientes, por su proximidad y tamaño respecto a su estrella o sol. Se le apoda Belerofon en honor al monstruo que vomitaba, tenía cabeza de león, cuerpo de cabra, cola de serpiente y que combatió y mató a las Quimeras. Pero Pegaso, caballo con alas, habiéndose elevado un día en los aires, precipitó al mítico héroe que murió en la caída.

El V391 Pegasi b (Pegaso) es un superviviente, el único planeta que orbita una estrella que ha pasado por la fase de roja gigante. Fue descubierto en el 2007. También se descubrieron el pasado año una serie de 5 planetas 55 Cancri (Cáncer), demostrando la existencia de formaciones multiplanetarias. El Gliese 436 b (Leo) se caracteriza por encontrarse en unas condiciones de alta presión que se asemejan a las que en la Tierra favorecen el paso de los átomos de carbono a la forma de diamantes. El Gliese 581c, (Leo) también descubierto en el 2007, por ahora es el mejor y discutido candidato, por sus condiciones de temperatura, a la posibilidad de vida. Y si buscamos calor lo encontramos en el HD 149026 b (Pegaso), con una temperatura superficial superior a los 2.000 °C. Y más caliente es el pequeño HD 209454 b (Pegaso) cuya superficie alcanza los 10.000 °C. En cuanto al MOA-192 b (Sagitario), casi recién descubierto, es el menor de los conocidos hasta ahora, sólo triplicando el tamaño de la Tierra. El más viejo puede ser el PSR B1620-26 b (Escorpión) con más de 13.000 millones de años. Y aunque no se ha encontrado exoplaneta, cerca de la estrella UX Tauri A (Tauro) se han hallado indicios de lo que podría ser un protoplaneta, un planeta en formación.

El de los exoplanetas es un mundo fascinante cuyo conocimiento está sólo en sus inicios.

LLEGAN LAS PERSEIDAS

ANÓTESE BIEN LA CITA ANUAL Y NO LA OLVIDE. Este año 2007, desde las dos de la mañana de la noche del domingo hasta el amanecer del lunes 13. Objeto de la cita: las Perseidas, o *lágrimas de San Lorenzo*, un acontecimiento astronómico anual que este año no defraudará las esperanzas de los observadores, al contrario de lo sucedido el año 2006 cuando la luz lunar impidió una adecuada observación.

¿Qué son las perseidas, por qué sus denominaciones popular y científica, cómo se originan, qué podremos ver y cuándo? Vamos a intentar responder a estas interrogantes.

PERSEO • Uno de los muchos autos sacramentales alegóricos de Pedro Calderón de la Barca es el titulado ANDRÓMEDA Y PERSEO de gran interés porque es una imaginativa reflexión sobre el libre albedrío, en el que junto a este personaje, el albedrío, intervienen otros como ciencia, voluntad, fuego, aire, agua, tierra, mercurio, demonio y Perseo. La entrada de Perseo en escena se produce, precisamente en auxilio del albedrío en su lucha con el demonio y Perseo se autoadjudica la característica de heroico valor.

Esta, la del valor, es precisamente una de las virtudes de este héroe mitológico cuyo momento de ser engendrado por Zeus, convertido en lluvia de oro que se desparrama sobre Danae, fue plasmado por Tiziano (DANAE RECIBIENDO LA LLUVIA DE ORO) en una de las pinturas más sensuales del Renacimiento y que constituye uno de los tesoros preciados de nuestro Museo del Prado. La historia de Perseo es una historia épica, en la que mantendrá combates singulares, y dará muerte a monstruos supuestamente imbatibles, como Medusa (¡cuánta hermosura la de la obra PERSEO SOSTENIENDO LA CABEZA DE MEDUSA, de Benvenuto Cellini, situada en la Piazza della Signoria de Florencia!); es una historia triste, en la que debe dar muerte a su propio abuelo Acrisio, rey de Argos, para sucederle, donde acaecen luchas fraticidas, desamores, conspiraciones y celos, a escala humana y olímpica. Como epopeya es tan grandiosa como la Odisea. Y el mito del joven alado Perseo, como símbolo de la levedad, ha sido una constante permanente en artistas como Italo Calvino.

Fue la Unión Astronómica Internacional quien dividió el cielo en 88 constelaciones conocidas para ordenar las múltiples designaciones existentes. Para ello, tomó como base a las 48 constelaciones dibujadas por el astrónomo Claudio Ptolomeo en el s. II –incluidas en su libro ALMAGESTO– más las que se fueron agregando a lo largo de los siglos. 47 de esos nombres aún persisten. Dados los conocimientos astronómicos de la antigüedad, no hay que sorprenderse de que en la clasificación ptolomaica ya figurara la constelación de Perseus.

PERSEIDAS • Los cometas son pequeños cuerpos de hielo y polvo que orbitan el Sol (igual que los planetas) pero sus órbitas suelen ser más grandes y se extienden más allá de Plutón. Como reciben muy poca luz de Sol, están congelados y cada vez que la órbita de un cometa se acerca al Sol sufre una tremenda erosión a causa de la radiación y el material desprendido se dispersa a lo largo de la órbita del cometa y allí permanece establemente, como meteoroides que viajan a gran velocidad.

El meteoro es el fenómeno luminoso que se observa cuando un meteoróide atraviesa nuestra atmósfera. El aire frente al meteoróide se aplasta y comprime muchísimo, alcanzando altas temperaturas, incinerando al meteoróide, convertido en meteoro, trazando una estela luminosa de muy corta duración. A veces estos bólidos se parten, explosionan, y dejan una bella estela luminosa. Una lluvia de estrellas es un conjunto elevado de meteoros. Cuando un trozo de meteoro alcanza la superficie terrestre recibe el nombre de meteorito.

Las perseidas proceden del cometa 109P/Swift-Tuttle, que posee un diámetro de 9.7 kilómetros y que descubierto el 19 de julio de 1862 por Lewis Swift] y Horace Parnell Tuttle. Este cometa tiene un periodo de 135 años y la última visita de este cometa al interior del Sistema Solar fue no hace mucho tiempo, en 1992. La primera observación de una lluvia de estrellas se data en el año 36 d.C. En cuanto al vínculo entre las perseidas y el cometa Swift-Tuttle fue descubierto por Giovanni Schiaparelli hacia 1865.

Aunque el cometa pasó cercano a la Tierra hace ya 15 años, las partículas que ha ido desprendiendo por miles de años continúan desplazándose a lo largo de su órbita, y como la Tierra atraviesa la órbita del cometa una vez al año, la lluvia de estrellas perseidas es un fenómeno periódico, de frecuencia anual, que ocurre en las mismas fechas de mediados de agosto. Se denominan así porque si sus trayectorias se trazaran con líneas imaginarias hasta su origen, coincidirían en un punto “radiante” que se situaría en la constelación de Perseus.

Se conocen alrededor de un centenar de lluvias de estrellas diferentes, con una duración

de incluso semanas cada una de ellas, pero la mayoría son muy pequeñas. En las perseidas del presente año se da la circunstancia favorable de que el pico de actividad coincidirá con la luna llena por lo que la luminosidad del cielo será excelente para su observación.

SAN LORENZO • San Lorenzo (siglo III) era el archidiácono responsable de guardar los tesoros de la Iglesia y cuando, en el año 258, el emperador romano Valeriano decapitó al Papa Sixto II, ordenó a San Lorenzo que le entregara el tesoro de la Iglesia. Lorenzo así lo hizo el 10 de agosto, seguido por una multitud de pobres, ciegos, leprosos, huérfanos y enfermos que según explicó eran el verdadero tesoro de la Iglesia. La respuesta fue que San Lorenzo fue ejecutado ese mismo día, bien quemado a la parrilla o bien decapitado, según versiones. Cuando pocos días después de la ejecución, en pudo observar en el cielo una lluvia de estrellas, el pueblo las consideró como las *lágrimas de San Lorenzo*.

¿Por qué no debemos perdernos el espectáculo de las perseidas? Por aspectos tales como: su belleza debida a su alta velocidad (72 kilómetros por segundo); breve duración; una hermosa coloración verde azulada, dejando frecuentemente un rastro luminoso; por ser uno de los pocos fenómenos celestes que se pueden contemplar en toda su belleza a simple vista, usando la visión directa o unos sencillos binoculares, sin tener que viajar o usar un equipo costoso. El prólogo comenzará hacia las 21 h cuando la constelación Perseo aparezca por el noreste y lo previsible es que, en condiciones favorables de cielo despejado y lejos de la ciudad, podamos llegar a observar entre 60 y 120 meteoros por cada hora de las de mayor actividad.

DE VUELTA A LA LUNA

LAS COMPAÑÍAS AÉREAS RYANAIR Y VIRGIN GALACTIC ya están compitiendo en sus propósitos de ofrecer viajes de bajo costo a la Luna y afirman que este destino, en el año 2020, puede ser tan atractivo para las vacaciones como el mejor lugar de la costa mediterránea.

Si alguno de Uds. se animan a ello, sin duda que su recorrido turístico incluiría la visita, en un lugar de la superficie lunar, a una placa colocada allí desde 1969 que dice: “Aquí, unos hombres procedentes del planeta Tierra, pisaron por primera vez la Luna en julio de 1969 d.C. Vinimos en son de paz en nombre de toda la humanidad”. Está firmada por la tripulación del Apolo 11 (Neil Armstrong, Buzz Aldrin, y Michael Collins) y por el entonces presidente de los Estados Unidos (Richard Nixon).

MISIONES EN MARCHA • ¿Es lo anterior algo más que ciencia-ficción? Pensemos que el espacio externo terrestre tiene ya una gran actividad circulatoria y son ya más de quinientos satélites activos los que nos orbitan constantemente pero, pronto, la situación puede hacerse similar en la Luna y ya están o estarán pronto por allí más de una decena de satélites de China, Japón, India, Rusia y Estados Unidos para investigar la Luna y sus recursos.

El principal atractivo de la Luna como objeto de deseo astronómico es su cercanía que permite su visualización directa y que, incluso países modestos, puedan soñar con su abordaje. De hecho, según el director de la NASA, Michael Griffin. “Estamos preparando la vuelta a la Luna en 2018”.

Un ejemplo esclarecedor es el de la sonda espacial japonesa Kaguya, previamente conocida como SELENE que llegó a la Luna en octubre de 2007 con varias misiones: construir mapas detallados de la superficie lunar, buscar agua (un recurso clave para los futuros alunizajes tripulados) congelada en cráteres profundos y estudiar el campo gravitacional de la Luna. Para Barbara Cohen, una científica lunar del Centro Marshall para Vuelos Espaciales la nave “Kaguya es como el Cadillac de las misiones en este momento”. Está compuesta por tres satélites separados y tiene instrumentos excelentes que pueden ser orientados todos

simultáneamente sobre el mismo punto de la Luna. Entre esos instrumentos está una cámara de televisión de alta definición que está enviando a la Tierra imágenes bellísimas de gran precisión.

En la proyectada misión de la NASA hacia el 2018 irán cuatro astronautas en una cápsula del tipo CEV (Vehículo de Exploración Tripulado), lanzada por un cohete. La misión incluirá una estancia de una semana en el satélite, cuatro veces más tiempo que las misiones *Apolo*. Pero, además, el programa “permitirá establecer una presencia permanente en la Luna” con el objetivo de preparar astronautas para misiones a destinos más lejanos. Estas naves CEV también se usarán para la transferencia de un máximo de seis astronautas a la Estación Espacial Internacional (ISS). El CEV lunar despegará desde un nuevo lanzador, un lanzador pesado constituido por dos cohetes y cinco motores de trasbordador. Una vez en el espacio, el vehículo se acoplará a otra nave, ya en órbita. Y, a su regreso a la Tierra, la cápsula empleará cuatro paracaídas para posarse en un desierto del oeste estadounidense.

COLA MAGNÉTICA • La Luna no es un lugar de perpetua calma como podría parecernos superficialmente. Pasan cosas, extraordinarias cosas. Los investigadores de la NASA han descubierto que ello ocurre en cada órbita lunar, durante la Luna llena, cuando ésta recibe los golpes de la cola magnética de la Tierra.

En un símil, fácil de entender, imaginemos que la Tierra está envuelta en una especie de burbuja de magnetismo, originada desde una dínamo situada en el núcleo de la Tierra. En el espacio, el viento solar presiona contra esa burbuja, estirándola, formando una larga cola magnética en la misma dirección que el viento solar. Cada ciclo lunar, la Luna entra en la cola magnética tres días antes de que sea Luna llena, tardando unos seis días en cruzar y salirse de la cola.

Durante esos seis días de cruce, la Luna queda inmersa en una enorme nube de partículas cargadas calientes. Las partículas más ligeras son electrones que salpican la superficie lunar y la cargan negativamente. En el lado de la Luna donde es de día, la luz solar contrarresta ese fenómeno ya que los fotones UV solares desprenden los electrones de la superficie. Pero en el lado donde es de noche lunar, todo hace suponer que se acumulan los electrones y se pueden alcanzar voltajes de cientos o miles de voltios, por lo que si un astronauta se encontrase allí, al rozar a otro astronauta, o tocar una pieza electrónica se produciría una molesta descarga eléctrica. Y como esas partículas de polvo lunar tenderían a flotar sobre la superficie ello crearía

una atmósfera nocturna de molesto polvo que mancharía los trajes espaciales, rayaría las superficies lisas de cualquier instrumento y haría complicada la estancia de los astronautas.

No existen pruebas directas de todo ello (nadie ha estado allí en esas condiciones) pero hay que suponer que el polvo flotante volaría como si fuese viento en dirección a donde fuese día y que el efecto de esa tormenta de polvo sería más acentuado en la línea que divide el día y la noche. Los datos procedentes de la nave espacial Lunar Prospector, de la NASA, que orbitó la Luna en 1998-99 y estudió muchos cruces de la cola magnética indican que esas suposiciones son acertadas. En todo caso serán los próximos astronautas lunares los que aclaren los hechos.

ANÉCDOTAS LUNARES • Aunque Ud. no pueda estar físicamente en la Luna de un modo casi inmediato su nombre si puede estarlo. A finales del presente año la NASA enviará a la Luna la sonda LRO (iniciales de *Orbitador de Reconocimiento Lunar*, en inglés) que durante un año buscará evidencias de la existencia de agua y de hidrógeno, estudiará posibles lugares de alunizajes para las próximas misiones, investigará los peligros para la salud del viento de polvo eléctrico lunar, y acompañará a su hermano satélite de observación de cráteres.

La NASA ofrece a todas las personas deseosas de viajar a la Luna, aunque sea de manera simbólica, un microchip que transportará sus nombres hacia la órbita lunar. Las inscripciones de los nombres de las personas interesadas se gestionan a través de Internet, en www.nasa.gov/lro, desde donde también se puede obtener impreso un certificado de ello. La respuesta es instantánea, y los inscritos superan el millón. La iniciativa está coordinada por la NASA, la Sociedad Planetaria de Pasadena, en California, y el Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins de los EE.UU.

PREDICCIÓN DE LAS TORMENTAS SOLARES

HOY SABEMOS QUE LA ENERGÍA QUE SUSTENTA LA EXISTENCIA DE MATERIA VIVA PROCEDE DEL SOL. Pero, ya en la cultura de las sociedades más primitivas el sol era un elemento fundamental pues, gracias a él, las cosechas renacían en primavera. Como el inicio de ese ciclo vital se producía durante el solsticio de invierno (21-22 de diciembre) era lógico deificar al astro y elevar las plegarias para que propiciase el crecimiento de los cultivos. Por ello, caldeos, egipcios, persas, sirios, fenicios, cananeos, griegos, romanos e hindúes, además de las culturas orientales y las precolombinas, celebraban en diciembre el nacimiento de su dios solar. La estrecha relación entre el sol y la actividad humana la cristianizó San Francisco de Asís en su himno FRATE SOLE: "...mi señor hermano el Sol, que nos da la luz y el día, y es bello, esplendoroso y radiante, y da testimonio de Ti".

Aspectos tan importantes y debatidos como el del clima son esencialmente dependientes del sol y de su actividad (tormentas, viento solar), de modo que ilustres astrofísicos llegan a pensar que su participación es más importante que la humana en el proceso de calentamiento de nuestro planeta. De ahí el interés en estudiar y conocer el Sol y sus vicisitudes.

TORMENTAS • De vez en cuando el Sol nos sorprende con una actividad impresionante e inusitada. La última grande conocida ocurrió el 20 de enero de 2005, cuando explotó la gigante mancha solar NOAA 720. La onda de expansión originó una llamarada solar del tipo más poderoso conocido y lanzó una nube de mil millones de toneladas de gas electrificado (*masa coronal*) al espacio. Los protones se aceleraron casi a la velocidad de la luz por la explosión y alcanzaron el sistema Tierra-Luna unos minutos después de la llamarada originando una *tormenta de protones* de varios días de duración. Fue particularmente rica en protones de alta velocidad, almacenando más de 100 millones de electronvoltios (100 MeV) de energía. Tales protones pueden penetrar a través de 11 centímetros de agua. Afortunadamente, la densa atmósfera de nuestro planeta y el campo magnético nos protegió de ellos y de otras formas de radiación solar, pero si hubiese habido astronautas en la Luna su

situación hubiese sido peligrosa ya que nuestro satélite no tiene ni atmósfera ni campo magnético para desviar la radiación. Un traje espacial delgado hubiese ofrecido poca resistencia. Los astronautas en la Estación Espacial Internacional (EEI), por cierto, fueron alertados para protegerse lo mejor posible. En 1972, tuvo lugar otra gran tormenta mucho mayor que la comentada.

Dentro de unos años, sin duda, el hombre habrá colonizado la Luna, pero cuando los exploradores lleguen allí, no van a querer estar sometidos a riesgos innecesarios, por lo que la reflexión es inmediata: Igual que en la Tierra podemos comprobar el estado del tiempo, ¿se podría hacer algo respecto al tiempo meteorológico del espacio, a la previsión de tormentas solares? ¿Hay alguna gran mancha solar en el Sol con peligro inmediato? ¿Cual es la probabilidad de una tormenta de protones? ¿Se aproxima una expulsión de masa coronal? ¿Está todo normal?

SOHO • La Agencia Espacial Europea estudia las interacciones Sol-Tierra a través de tres misiones: Cluster, Ulysses y SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Esta última, en colaboración con la NASA, pretende investigar el interior de la corona externa solar (¿cómo alcanza más de un millón de grados de temperatura?) y el viento y tormentas solares (¿dónde y cómo se producen?). Con la técnica de helioseismología analiza las ondas sísmicas que se producen en la corona solar y que aparecen como olas en su superficie.

El SOHO fue lanzado por la NASA con un cohete Atlas II-AS en diciembre de 1995 desde Cabo Cañaveral, con un peso de 1850 kilos, y un presupuesto aproximado de mil millones de euros. Se mueve en órbita respecto al Sol, en concordancia con la Tierra, a una distancia de ambos que equilibra sus respectivas fuerzas gravitacionales de atracción, es decir, a unos 1,5 millones de km de la Tierra. En principio fue diseñado para una misión de dos años pero sus resultados hicieron que en 1997 se extendiese su misión otros 6 años. Lo mismo ocurrió entonces y se alargó su operatividad hasta el 2007, aunque recientemente, como indicaremos después, sus estudios han revelado espectaculares resultados sobre la posibilidad de prevenir las tormentas solares. El control de la nave se perdió durante tres meses en 1998 pero se pudo recuperar posteriormente así como reparar algunos giroscopios dañados. Aparte de su misión principal, el SOHO ha sido capaz de detectar más de un millar de cometas.

A pesar de sus pequeñas dimensiones (4,3, 2,7, 3,7 m) el SOHO alberga 12 sofisticados instrumentos de investigación desarrollados por 12 consorcios internacionales en los que par-

ticipan 29 institutos y 15 países. 9 de ellos están a cargo de científicos europeos y 3 de científicos americanos, aunque son más de 1.500 los científicos de todo el mundo que vienen participando en sus tareas.

DETECCIÓN • La revista SPACE WEATHER acaba de publicar un artículo del equipo del físico Arik Posner, del Instituto de Investigaciones del Suroeste, en San Antonio, Texas cuyas investigaciones a través del SOHO le han permitido predecir tormentas de radiación solar. Las tormentas de radiación son enjambres de electrones, protones e iones pesados acelerados a altas velocidades por explosiones que se producen en el Sol. El nuevo método permite recibir avisos de tormenta con hasta una hora de anticipación, lo cual daría tiempo a los astronautas para buscar refugio y a los controladores, en la Tierra, para preparar las defensas de sus satélites cuando una tormenta solar se aproxima, poniendo la nave en un *modo seguro* hasta que pase la tormenta.

Los electrones son más livianos y más rápidos que las otras partículas por lo que llegan antes que los peligrosos iones. Por ello, el enfoque de Posner se ha dirigido a la detección precoz de los electrones. La clave ha sido el instrumento COSTEP, “Analizador Integral de Partículas Supratérmicas y de Alta Energía”, que cuenta las partículas que provienen del Sol y mide sus energías. Posner analizó los datos de cientos de tormentas de radiación grabadas por el instrumento.

COSTEP entre 1996 y 2002, pudo construir una matriz empírica de predicción. El siguiente paso fue probar los resultados. Posner decidió poner a prueba la matriz con datos del COSTEP obtenidos en 2003, un año que no había analizado y que no formaba parte de la matriz misma. “Aplicamos la matriz a los datos de los electrones y logramos predecir exitosamente las cuatro tormentas de iones más grandes de 2003, con avisos anticipados de entre 7 y 74 minutos”.

*El Universo.
Mininoticias*

RAYOS CÓSMICOS DE ALTA ENERGÍA • Los impactos de estos rayos cósmicos sobre la Tierra no son frecuentes, sólo suele ocurrir uno por kilómetro cuadrado y siglo. Por ello, son necesarios detectores que cubran extensiones enormes. Cuando un rayo cósmico de alta energía entra en la atmósfera terrestre, se transforma en una gran cantidad de partículas, radiación secundaria, que llegan hasta el suelo. El Observatorio Pierre Auger dispone de dos tipos de detectores para analizarla: los de superficie y los telescópicos y se calcula que en un lapso de unos 10 años habrá registrado más de 600 rayos cósmicos de alta energía.

DIFICULTADES • Hasta ahora, la Astronomía estaba basada en la detección de partículas sin carga eléctrica (fotones, luz visible, ondas de radio, rayos X, rayos gamma...) emitidos por los objetos cósmicos pues sólo las partículas sin carga eléctrica llegan a la Tierra sin desviarse en los campos magnéticos cósmicos. Los núcleos atómicos, constituyentes de los rayos cósmicos, poseen carga eléctrica por lo que sus trayectorias sufren numerosas desviaciones y dificulta su rastreo. Gracias al observatorio Auger se ha podido establecer la relación directa entre estos núcleos atómicos y sus fuentes cósmicas.

AGN • Los AGN, o Núcleos Galácticos Activos son de los objetos más violentos del Universo y se conjeturaba sobre su posible vinculación con la producción de partículas de altas energías. Los científicos piensan que la mayoría de las galaxias tienen agujeros negros en su centro. Las galaxias con el núcleo activo parecen ser aquellas que han sufrido alguna colisión con alguna otra galaxia o tenido alguna perturbación importante en los últimos cientos de millones de años. Los AGN capturan la masa que cae por su campo gravitatorio, mientras que libera unas cantidades de energía prodigiosas, en forma de chorro de partículas. Los resultados del observatorio Auger indican que los rayos cósmicos más energéticos son producidos por los AGN de galaxias próximas, a menos de 100 millones de años-luz de distancia.

NUBES MISTERIOSAS • En el límite del espacio se observan a veces unas misteriosas nubes nocturnas brillantes azules muy persistentes que constituyen un enigma objeto de investigación por la NASA. La primera noticia de ello ocurrió a finales del s. XIX, en 1883, tras la erupción del volcán Krakatoa. En 1885 la revista NATURE ya publicó un artículo sobre

ello. El 22 de julio del 2008, los astronautas de la Estación Espacial Internacional (EEI) pudieron presenciar también un hermoso despliegue de estas nubes nocturnas brillantes. La estación espacial se encontraba localizada a aproximadamente 340 km sobre la parte oeste de Mongolia, obteniendo bellas fotografías de las mismas (http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2008/25aug_nlc.htm).

BIG ¿REBOTE? • Algunos cosmólogos como Martin Bojowald han lanzado la idea de que nuestro Universo comenzó no con un gran Big Bang inicial, sino a partir de otro Universo preexistente, mediante un Big Bounce, o gran rebote, una implosión transformada posteriormente en una explosión, explicable a través de efectos cuántico-gravitatorios y de un nuevo concepto de átomos de espacio-tiempo, que serían las menores unidades indivisibles de distancia equivalentes a la potencia -35 de 10. Los instrumentos más poderosos actuales no pueden reconocer elementos de tamaño menor que la potencia -18 de 10, es decir millones de billones de billones más grandes que esos hipotéticos átomos espacio-tiempo.

COSMOS • Una investigación internacional de gran repercusión y con participación española, ha sido la liderada por el Dr. Marcos Cruz de la Universidad de Cantabria, descubriendo una mancha inusualmente fría en la radiación más antigua en el universo, la radiación del fondo cósmico de microondas, que podría estar provocada por un defecto cósmico creado justo después del Big Bang lo que podría constituir como una ventana al Universo Primitivo, ayudando a los cosmólogos a encontrar la tan buscada clave sobre cómo evolucionó el universo en su infancia.

MAPAS • La Agencia Espacial Europea con imágenes proporcionadas por el satélite de teledetección Envisat, ha confeccionado un retículo de mapas de la superficie terrestre con un nivel de claridad más de diez veces superior a cualquier otro. Las imágenes proceden del instrumento MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer), instalado en el Envisat, el cual se halla en órbita polar y puede obtener fotografías con una resolución espacial de 300 metros, desde 800 km de altitud. La iniciativa está disponible a través de Internet, forma parte del proyecto GlobCover y se pueden bajar los retículos de mayo/junio de 2005 o marzo/abril de 2006.

CONSTELACIÓN • La de Perseo, que le da nombre a las perseidas, sobresale durante las noches de otoño en el Hemisferio Norte, y cuenta con diversos componentes como el extremadamente joven cúmulo de IC348, también clasificado como nebulosa de reflexión o la región de formación estelar de IC1333 pasando por asociaciones estelares (M34, también denominado NGC1039), hasta cúmulos de galaxias, como Abel 426.

MISTERIO ESPACIAL • Se trata de las muy energéticas explosiones breves de rayos gamma. En el Sexto Simposio sobre Explosiones de Rayos Gamma, en Hunstville, Alabama, USA, se discutieron las observaciones de los astrónomos sobre esas explosiones lejanas y brillantes que opacan el brillo de galaxias enteras que contienen cientos de miles de millones de estrellas. Las explosiones de Rayos Gamma (GRB, iniciales de su nombre en inglés), son los fenómenos más brillantes y energéticos del universo después del Big Bang (Gran Explosión). Las GRB de larga duración se deben al colapso y la posterior explosión de una estrella ultramasiva que forma un agujero negro en su núcleo, pero el origen de las GRB de corta duración aún sigue sin terminar de entenderse.

SOL LIMPIO • Los científicos y astrónomos de la NASA que vigilan las manchas solares acaban de comunicar que el año 2008 constituyó el *año más blanco* de la Era Espacial, ya que el número de las mismas que se han detectado ha alcanzado su punto más bajo conocido en los últimos 50 años, lo que también significa un profundo mínimo en el ciclo de actividad solar que, como se sabe, tiene una duración de 11 años.

MISTERIO • Mientras que los ingenieros del *Large Hadron Collider* (LHC) de Ginebra prosiguen su puesta a punto, su análogo, el *Collider Detector* del Fermilab, en Batavia, Illinois, continúa trabajando. Y se acaban de anunciar unos resultados inesperados cuando su acelerador de partículas Tevatron ha creado unas partículas elementales inexplicables al hacer colisionar protones y antiprotones acelerados dentro de un pequeño tubo de 1,5 cm de ancho en el que quedan confinadas las partículas producidas, por ejemplo los muones. Lo inexplicable ha sido encontrar algunos de estos muones fuera del recinto de producción. ¿Proceden, por descomposición de otras partículas hasta ahora desconocidas, capaces de atravesar las paredes de su confinamiento?

METEORITOS • ¿Cuántos meteoritos alcanzan la tierra? Posiblemente más de los que se creían. Por ello y ante el reciente hallazgo del cráter originado por uno de ellos, hasta ahora desconocido, un investigador canadiense ha desarrollado un nuevo sistema de detección, tal como se publicó en la revista GEOLOGY. El sistema, informatizado, se basa en las nuevas técnicas y disponibilidades de imágenes de la superficie terrestre obtenidas desde los satélites y consiste en un software específico y muy preciso, para localizar con exactitud los cráteres originados en el impacto de los meteoritos, aunque hayan sido cubiertos de árboles y maleza.

MARTE • Desde hace algún tiempo, intensificado el fenómeno estos días, el planeta Marte ha duplicado su brillo y está montando un bello espectáculo para aquellos que disfrutan de observar el cielo, mostrándose a simple vista, brillante y rojo, sobresaliendo entre las pálidas estrellas de Géminis como un objeto definitivamente diferente. Con un sencillo telescopio se puede observar su *capucha polar del norte*, una gigantesca nube helada que se forma sobre el polo norte de Marte en el invierno.

METEORITOS Y VIDA • La revista EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS publicó los resultados de unas investigaciones realizadas sobre el meteorito Murchison que alcanzó la Tierra en 1969. Ya se sabía que contenía diversos compuestos carbonados parecidos a muchas actuales biomoléculas y ahora se ha demostrado que también posee unas mínimas cantidades de dos bases nitrogenadas, uracilo y xantina. También es sabido que los ácidos nucleicos, posible punto de partida de los procesos conducentes a la vida, están constituidos por nucleótidos formados a partir de cuatro bases nitrogenadas semejantes a las encontradas en el meteorito. Los defensores de un origen extraterrestre de la vida en nuestro planeta cuentan con otro nuevo argumento.

UN RADICAL EN VENUS • El estrés oxidativo es un tema de gran importancia para la salud humana y es debido, sobre todo a la existencia de ciertos radicales oxigenados. Los científicos de la Agencia Espacial europea nos dicen que en la atmósfera de Venus, en las nubes que rodean el planeta, también se ha encontrado la presencia de uno de estos reactivos radicales, concretamente el radical hidroxilo, que también había sido hallado previamente en la atmósfera marciana.

ESPACIO • La revista SCIENTIFIC AMERICAN, en su versión electrónica (<http://www.sciam.com/>), ha realizado una presentación interactiva en la que se analizan los 5 principales objetivos que la ciencia actual tiene planteados en relación con la exploración del espacio: 1. Mejorar la comprensión sobre los factores que determinan el clima; 2. Desarrollar un sistema de defensa contra los asteroides; 3. Seguir buscando vida más allá de la Tierra; 4. Aclarar adecuadamente el fenómeno de la formación de los planetas; 5. Realizar exploraciones más allá del Sistema Solar.

LIBRO • El científico Nick Begich junto a la periodista Jeanne Manning publicaron el libro ANGELS DON'T PLAY THIS HARP (Los ángeles no tocan este arpa), en el que planteaban inquietantes hipótesis sobre el proyecto militar americano HAARP sobre la ionosfera que para los autores podría tener peores consecuencias que las pruebas nucleares ya que, entre otras múltiples posibilidades, la combinación HAARP / Spacelab / cohete pudiera producir cantidades de energía comparables a una bomba atómica, en cualquier momento y lugar.

DOSSIER • Firmado por Guillermo León y alojado en las páginas Web del periodista Iker Jiménez (<http://www.ikerjimenez.com/conspiracion/haarp/index.htm>) el dossier HAARP, en referencia a este proyecto militar americano sobre la ionosfera, es un alegato fustigador del mismo, acorde con la postura mantenida por el periodista Iker Jiménez en el programa Cuarto Milenio. Sobran muchas elucubraciones gratuitas, a veces, científicamente falsas y faltan otras consideraciones críticas pero hechas con base científica y sentido común.

CIENTÍFICOS • No existe una opinión unánime de los científicos e instituciones respecto al proyecto ionosférico americano HAARP. Aparte del físico Nick Begich, coautor de un libro muy crítico con el proyecto, el Parlamento europeo y la Duma rusa crearon comisiones de estudio. La Dra. Elizabeth Rauscher, física, pone el énfasis en la fragilidad de la ionosfera mientras que la Dra. Bertell, asesora del parlamento europeo, afirma que los calentadores ionosféricos modifican el campo magnético de la Tierra.

MAJORITA Y VIDA • El mineral majorita suele encontrarse a varios centenares de kilómetros de profundidad de la superficie terrestre en condiciones de altas presiones y temperaturas. La revista NATURE publicó unas investigaciones de científicos de Bonn indicando que el mineral actúa como un depósito de oxígeno que se libera en las capas más superficiales, donde se une a hidrógeno y forma agua, lo que *humedece* a nuestro planeta y le permite ser habitable.

POLO SUR • El polo Sur de la Tierra constituía un gran misterio absoluto hasta hace menos de cien años, cuando Roald Amundsen y Robert F. Scott, enfrentándose al escorbuto, viento, desorientación, y al terrible frío llegaron allí en 1911 y 1912, respectivamente. La situación de desconocimiento es hoy casi la misma, pero respecto al polo sur del Sol. La nave espacial Ulises, en una misión conjunta entre la NASA y la Agencia Espacial Europea está intentando resolver muchas de esas incógnitas en su sobrevuelo sobre el polo Sur solar. Por lo pronto se ha comprobado la inversión de sus polos realizada desde 1994 y que actualmente el polo norte solar es menos caliente que el polo Sur.

NIGERIA • Nigeria lanzó su primer satélite de comunicaciones geoestacionario, el NigComSat-1, desde el centro de Xichang, en China, gracias a un cohete CZ-3B. Construido sobre una plataforma DFH-4, también china, pesó 5.150 kg al despegue. Trabaja desde la posición geoestacionaria 42 grados Este, gracias a un equipo de 4 repetidores en banda C, 14 en banda Ku, 8 en banda Ka y 2 en banda L. Además de ofrecer servicios generales de telecomunicaciones, televisión, Internet, etc., transmitirá señales de navegación del sistema europeo EGNOS.

ROBOTS MARCIANOS • En el año 2004 la NASA situó en Marte dos robots exploratorios Opportunity y Spirit, con el propósito de realizar estudios geológicos, especialmente la búsqueda de vestigios de agua indicadores de la posibilidad de vida. Se calculó que su vida activa sería 90 días. Han transcurrido varios años y aún prosiguen siendo útiles. Sus baterías, recargables solarmente, de 8 Ah, se han debilitado pero siguen funcionando. Y el viento de Marte ha conseguido limpiar parte del polvo depositado sobre sus paneles solares.

MARTE • En la constelación de Tauro, justo debajo de Perseo, Marte se verá durante la lluvia de perseidas como una brillante estrella roja que no cintila como lo hacen las verdaderas estrellas. La NASA saca provecho del encuentro entre Marte y la Tierra con una nueva misión a Marte, *El Explorador Fénix*, que tras posarse en una planicie ártica donde podrá excavar la superficie e investigar estratos del suelo y también del hielo, buscando, entre otras cosas, una zona habitable para unos hipotéticos microbios primitivos.

HUBBLE • Por primera vez en el estudio del espacio se ha logrado la observación directa, con imágenes en luz visible, de un planeta en órbita alrededor de otra estrella. Lo ha conseguido el telescopio espacial Hubble, de la NASA. El planeta, llamado Fomalhaut b, posee una masa que, se estima, no es más grande que tres veces la de Júpiter y orbita la brillante estrella Fomalhaut en el hemisferio sur del cielo. Dicha estrella se localiza a 25 años luz de distancia en la constelación Piscis Australis, o *Pez del Sur*. Las observaciones podrán ser mejoradas por el Telescopio Espacial James Webb, de la NASA, cuyo lanzamiento se encuentra programado para el año 2013.

CLIMA Y MARTE • A finales del 2008 la revista SCIENCE publicó una investigación realizada sobre rocas marcianas y la historia de las variaciones climáticas en las condiciones de la superficie de Marte durante decenas de millones de años. Los resultados muestran la existencia de estratos que contienen varios depósitos, varios de un grosor de más de 10 metros, los cuales están organizados en unidades más grandes indicando eventos climáticos cíclicos en la antigua atmósfera del planeta formando este patrón alternante de capas de sedimento, más que la alternativa de eventos abruptos como vulcanismo o la formación de cráteres por impacto.

MISTERIO • Un equipo internacional de investigadores ha descubierto la existencia de un enigmático exceso de electrones que bombardean la Tierra desde el espacio. Se desconoce cuál es la fuente de estos rayos cósmicos, pero debe de estar cerca del sistema solar y podría estar hecha de materia oscura. Los resultados del descubrimiento se informaron en un artículo publicado por la revista NATURE. Los rayos cósmicos galácticos son partículas subatómicas aceleradas a casi la velocidad de la luz por explosiones de supernovas distantes y por otros

sucesos violentos. Según el coautor del trabajo John Wefel, de la Universidad Estatal de Louisiana, “este es un gran descubrimiento”, “es la primera vez que vemos una fuente discreta de rayos cósmicos acelerados que se destacan sobre el fondo galáctico”.

ASTROFÍSICA CANARIA • El Gran Telescopio Canarias (GTC) completó su espejo primario convirtiéndose en el telescopio óptico-infrarrojo con el mayor espejo (10,4 m de diámetro) existente, con lo que se inició otro gran proyecto en Observatorio del Roque de los Muchachos, el E-ELT (European Extremely Large Telescope) o Telescopio Gigante Europeo. Es un proyecto liderado por la ESO (European Southern Observatory) y tendrá un coste aproximado de 1.000 millones de euros. Su espejo primario de cerca de 42 metros de diámetro, es cuatro veces más grande que cualquiera de los existentes actualmente. Su importancia ha sido recalcada por el Consejo de la Competitividad de la Unión Europea, compuesto por los Ministros Europeos, los Ministros de Industria y los Ministros de Investigación.

AGUA Y MARTE • El pequeño explorador espacial de la NASA Spirit, tras recorrer el cráter Gusev situado al sur del ecuador de Marte, ha descubierto un terreno de color más claro con un 90 por ciento de sílice puro lo que, según los científicos, sugiere que en el pasado hubo aguas termales en la superficie de Marte proporcionando un ambiente adecuado para el desarrollo de vida. En todo caso, otros expertos opinan que no se puede desechar otra explicación basada en la interacción del suelo con vapores ácidos producidos siglos atrás por la actividad volcánica con la presencia de agua.

CINTA AISLANTE • Según se relató recientemente, un modesto rollo de cinta adhesiva tuvo un gran protagonismo en el programa Apollo de la NASA, tras el alunizaje de los astronautas Gene Cernan y Jack Schmitt, el 11 de diciembre de 1972. Un martillo ubicado en un bolsillo del traje lunar de Cernan cayó sobre el guardabarros posterior del coche lunar de exploración y lo desgarró. Era una protección imprescindible para resguardar del polvo lunar. Cernan recordó el rollo de cinta aislante gris situado bajo su asiento. Y con la ayuda de esa sencilla tecnología pudo salvar la misión pues el guardabarros aguantó más de cuatro horas hasta volverse a caer. Al día siguiente con unos cartones y el rollo de cinta fabricaron otro guardabarros de repuesto.

VELA SOLAR • La primera vela solar será pronto una realidad. Los investigadores de la NASA han soñado durante mucho tiempo con la posibilidad de navegar por el espacio interplanetario con velas propulsadas por la luz solar en vez de por el viento. “Hay una primera vez para todo”, ha dicho Edward Sandy Montgomery, del Centro Marshall para Vuelos Espaciales, de la NASA. Su equipo y otro del Centro de Investigaciones Ames esperan hacer historia este verano al desplegar una vela solar llamada NanoSail-D. La vela viajará al espacio a bordo de un cohete Falcon 1 que despegará de la Isla Omelek, en el Océano Pacífico, entre el 29 de julio y el 6 de agosto.

THE MOONLITE • El British National Space Centre (BNSC) acaba de autorizar la realización de un estudio técnico para averiguar si es factible para Gran Bretaña lanzar una sonda hacia la Luna, equipada con dardos penetradores. Esta misión de nombre MoonLITE (Moon Lightweight Interior and Telecom Experiment) colocaría un vehículo en órbita alrededor de la Luna, desde el cual se lanzarían cuatro penetradores con instrumentos científicos hacia su superficie lo que permitiría estudiar la estructura interior del satélite. El BNSC desea que la NASA contribuya al proyecto, que se realizaría en el año 2014.

SPUTNIK • El Sputnik cumplió 50 años. El 4 de octubre de 1957 la Unión Soviética envió a órbita el primer satélite artificial de la historia, el Sputnik, con lo que inició la carrera espacial con EE.UU. El Sputnik era una bola metálica de 83 kilos dotada de cuatro antenas y dos transmisores de radio. El constructor Boris Chertok recuerda: “Preparamos el lanzamiento del Sputnik sin muchas esperanzas. En aquella época, nuestro objetivo primordial era la puesta a punto de un misil de combate”. Aunque el lanzamiento apenas ocupó unas líneas en el Pravda, la prensa occidental pronto se hizo eco de la *amenaza* militar que suponía y EE.UU. no tardó en ponerse manos a la obra, sobre todo al ver que la URSS lanzaba un mes más tarde al espacio el primer ser vivo a bordo del Sputnik 2: la perrita Laika.

ESPACIO • Dentro de unos días los astronautas de la Agencia Espacial Europea Léopold Eyharts y Hans Schlegel, junto con otros cinco astronautas americanos viajarán con el laboratorio europeo Columbus al espacio y lo unirán a la Estación Espacial Internacional. Con ello y

la del Vehículo Automático de Transferencia Julio Verne que lo hará algo después (véase http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/1_3_45.html) la estación espacial entrará en la fase plena de su utilización científica y el programa europeo de vuelos espaciales comenzará uno de sus periodos más activos.

CIENCIA Y EL PASADO





CAMBIO CLIMÁTICO, NEANDERTALES Y PALEOECOLOGÍA

EN OCASIONES ANTERIORES (por ejemplo, véase http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/3_1.html) hemos tratado del proceso de hominización y del enigma de la desaparición de los neandertales y de la aparición del hombre anatómicamente moderno (HAM), el *homo sapiens sapiens*.

En los últimos tiempos bastantes medios de comunicación se han ocupado de la posible relación entre la existencia de un cambio climático y la desaparición de los neandertales, sobre todo tras la emisión de una entrevista hecha por la BBC al científico José. S. Carrión. El motivo era que el último número de la revista GEOBIOS, órgano oficial de la paleontología europea, incluye un artículo sobre las características de las muestras de polen procedentes de la cueva granadina de la Carihuela, que fue habitada por los neandertales. Las muestras investigadas por el equipo del citado paleoecólogo, y catedrático de Biología Vegetal, de la Universidad de Murcia, corresponden al holoceno y pleistoceno superior, es decir con la de la extinción de los neandertales. La Palinología es la disciplina que estudia el polen, las esporas o cualquier palinomorfo actual o fósil y aunque hasta recientemente se consideraba con escepticismo su utilidad para las investigaciones paleontológicas, hallazgos como las del grupo del profesor Carrión están demostrando su gran eficacia.

CLIMA • Los neandertales aparecen en el registro de los fósiles hace unos 350.000 años. En su momento de esplendor estos cazadores, rechonchos y físicamente poderosos, dominaron una enorme área que abarcaba la península ibérica y Britania en el oeste, Israel en el sur y Uzbekistán en el este. El *homo neanderthalensis* fue capaz de sobrevivir en pequeños grupos durante las glaciales anteriores, recuperándose en los momentos en los que mejoraban las condiciones, pero la última de las glaciaciones se caracterizó por cambios rápidos y severos en el clima, que alcanzaron un máximo hace 30.000 años, una fecha que concuerda con la deducida para la extinción de los neandertales en distintos lugares de Europa.

La relación entre desaparición de neandertales y la aparición de los HAM es un tema

importante y recurrente, con múltiples hipótesis relacionadas con posibilidades como el posible genocidio interespecie, la mezcla entre ellas, etcétera. Lo cierto es que las dos especies coexistieron en Europa durante unos 20.000 años. ¿Por qué sobrevivieron los humanos y no lo hicieron los neandertales?

El papel del clima es un factor importante a considerar. Así, un simposio celebrado en Leicester fue dedicado monográficamente al tema de *Evolución homínida y clima*. Y, en el Instituto de Investigación del Cuaternario de la Universidad de Cambridge nació, en 1996, el proyecto STAGE 3 para investigar parte del último periodo glacial, organizado en forma de una Conferencia internacional e interdisciplinaria bajo los auspicios del Instituto Godwin. Como resultado de ello, tras 8 años, en el 2004, se publicó una extensa monografía titulada (traducida) *Los neandertales y los humanos modernos en el escenario europeo de la última glaciación*. En ella colaboraron 30 científicos de 11 países sugiriendo que fue su incapacidad de adaptarse al frío cada vez más intenso lo que condujo a la extinción de los neandertales, mientras que los humanos modernos contaban con la ventaja de una mejor tecnología cazadora y de una más depurada organización social, capaces de fabricar y usar ropas de abrigo, etc.

EUROPA • Algunos expertos afirmaban que no existían pruebas de la pervivencia neandertal más acá de hace 35.000 años. Pero en el sur de Europa existen dos lugares, dos cuevas que fueron habitadas por los neandertales, cuyas investigaciones están produciendo resultados muy clarificadores al respecto. A la primera de ellas, la gibraltareña Gorham, se refería una comunicación a la revista NATURE, en septiembre del 2006, exponiendo el intenso estudio realizado por parte de un amplio equipo investigador de 26 científicos, pertenecientes a 18 instituciones diferentes ubicadas en Japón y, sobre todo, en Gran Bretaña y España. Entre ellos figuraba el murciano Dr. Carrión, siendo el investigador principal el gibraltareño Dr. Clive Finlayson, del Museo de Gibraltar. Los hallazgos demostraron la ocupación humana de la cueva, con pobladores con tecnología mousteriana (neandertal) hasta hace unos 28.000 años, lo que significaba que los neandertales pudieron sobrevivir en refugios aislados hasta bien después de la llegada de los HAM a Europa, procedentes de Afrecha.

En cuanto a los propios hallazgos del equipo del profesor Carrión en la cueva granadina de la Carihuela todo parece señalar que en Carihuela llegaron a vivir neandertales entre los años 28.440 y 21.430 a. de C., lo que significaría que el sur de España fue el último refugio cálido que encontraron antes de su extinción.

GLOBAL • Muy recientemente, Clive Finlayson y José S. Carrión acaban de publicar una revisión global del tema en la revista *TRENDS IN ECOLOGY AND EVOLUTION* armonizando datos de diferentes procedencias: palinológicos, climáticos, paleontológicos, etc., demostrativos de que al final de la última glaciación, hace entre 50.000 y 12.000 años, se dio en la Tierra un rápido cambio climático, un enfriamiento, con los correspondientes cambios de vegetación. Ello coincidió con la desaparición de los neandertales y la nueva presencia de los HAM y todo conduce a pensar en la íntima relación existente entre ambos hechos.

Los neandertales sobrevivieron en el sur de la península ibérica porque en el resto del continente la última glaciación significó una desaparición de estepas y praderas mientras que el litoral de Murcia a Huelva era una especie de jardín botánico en esas épocas tan frías y áridas, con abundantes abedules, arces, avellanos, fresnos, olivos, robles, y muchos árboles con frutos y raíces comestible. En estos bosques y sabanas litorales españoles se refugió la fauna que servía de alimento tradicional al neandertal.

Un neandertal que, al margen de tópicos preexistentes, realmente era un ser de ambiente mediterráneo, de alimentación variada y con un destacado grado de inteligencia y espiritualidad. Por ejemplo, en los estudios polínicos de la Cueva de Shanidar, en Irak, se detectó la existencia de polen procedente de plantas exóticas. No se trataba de plantas comestibles, sino simplemente llamativas, decorativas que como se encontraron en las zonas de enterramiento, se deduce que las usaban para echar flores en las tumbas, actividad que denota una cierta espiritualidad. Y es que los neandertales, posiblemente, eran más humanos que humanoides.

El aspecto comentado puede aclarar parte del final de los neandertales pero, sin duda, no lo es todo y todavía falta descubrir importantes capítulos sobre este atrayente capítulo de la humanidad que es el de los neandertales y su sustitución por los hombres modernos.

EL CÓDIGO DE ARQUÍMEDES

TODO APUNTA A QUE EL LIBRO QUE CON ESTE TÍTULO se está lanzando en multitud de ediciones por todo el mundo se convertirá en un gran éxito editorial. Sus autores son Reviel Netz y William Noel. Netz es catedrático de Ciencia Antigua en la Stanford University, mientras que Noel es el restaurador de manuscritos del Walters Art Museum a la vez que director de Proyecto Palimpsesto de Arquímedes. ¿De qué trata este libro?

ARQUÍMEDES • En las páginas de divulgación científica de La verdad, hace años, en el artículo *Un láser resucita a Arquímedes* (ver http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/3_2_4.html), resumíamos la situación tras el entonces reciente hallazgo del palimpsesto de Arquímedes

Arquímedes (287-212 a.C) fue un personaje portentoso. Fue el mayor matemático de la antigüedad, un grandioso físico y un ingenioso inventor y sus métodos se anticiparon 2.000 años a los pensamientos de Newton y Leibniz. Entre sus descubrimientos matemáticos destacan: la superficie y el volumen de la esfera, la obtención de un valor muy exacto para el número pi, diversos teoremas sobre el centro de gravedad de figuras planas y sólidos, así como la conocida como espiral de Arquímedes. En Física entre sus aportaciones de gran brillantez destacan el principio hidrostático que lleva su nombre, asociado a la anécdota de la corona falsa de oro del rey de Siracusa. 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”.

Sin embargo, las versiones originales de sus trabajos, más de treinta, se perdieron y solo

conocemos algunas a través de algunas traducciones posteriores al griego clásico, árabe o bizantino.

PALIMPSESTO • De ahí la expectación causada cuando la galería Christie, en 1998, subastó lo que, en palabras de William Noel, el técnico del Museo Walters, era el manuscrito con aspecto más horrible que nunca había visto, el conocido como *palimpsesto de Arquímedes*. La historia de este manuscrito es fascinante. El rollo de papiro original, conteniendo siete tratados de Arquímedes, sin duda fue copiado y recopiado muchas veces, pero todos los ejemplares se perdieron, excepto uno, que fue transcrito 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 90° y volvieron a reescribirlas con la serie de plegarias y oraciones.

A este tipo de textos reescritos sobre el mismo soporte se les denomina palimpsestos. El 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 original 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. Un coleccionista y benefactor anónimo lo adquirió por dos millones de dólares y lo donó, para su cuidado, al Museo Walters de Baltimore, EE.UU.).

RECUPERACIÓN • Durante los pasados 7 años los científicos han conseguido *resucitar* el manuscrito y el libro EL CÓDIGO DE ARQUÍMEDES relata el modo en que se ha hecho. Los investigadores de la Universidad John Hopkins y del Instituto de Tecnología de Rochester han usado diversas aproximaciones sobre la base de la digitalización de las imágenes. 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. También se han utilizado otras técnicas, de tipo magnético y de rayos X, porque los escribas del siglo X usaban tinta conteniendo pigmentos de hierro que poseen propiedades magnéticas, cuyos restos permanecen bajo las capas de los sobreescritos posteriores, ya que la tinta a partir de pigmentos de oro no presenta magnetismo. En cuanto a la microscopía confocal, que es una técnica de análisis de alta resolución que se aplica en investigaciones celulares, 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.

Uno de los tratados que se han recuperado, el STOMACHION, o CAJA DE ARQUÍMEDES, ha demostrado que el STOMACHION era más que un simple juego geométrico o rompecabezas de 14 piezas encajables para formar un cuadrado sino que, de acuerdo con el matemático de Stanford Reviel Netz, debemos revisar que el origen del Análisis Combinatorio radica en el binomio de Newton y retroceder hasta Arquímedes que usaba el STOMACHION para enseñar combinatoria. Por cierto, no fue hasta noviembre del año 2003 cuando Bill Cutter logró resolver completamente este juego por medios informáticos, con 268 soluciones totalmente diferentes. ¿Sabía ya esto Arquímedes?

En cuanto a la versión recuperada del tratado EL MÉTODO, en relación con las ya conocidas previamente, la principal característica es que en ella aparecen los dibujos originales y no los espacios en blanco o con puntos suspensivos de las versiones existentes, confirmando que Arquímedes manejaba el concepto de infinito, aspecto hasta ahora desconocido.

DE HIPATIA A LEVI-MONTALCINI

UN LARGO RECORRIDO DE CASI 2.000 AÑOS EN LA RELACIÓN CIENCIA-MUJER podría iniciarse con Hipatia (hacia el año 370) y finalizar dentro de poco, cuando Rita Levi-Montalcini, el premio Nobel de más edad vivo, cumpla 100 años, es decir, desde la primera gran figura científica femenina de la historia de la humanidad hasta otra a quien no es la primera vez que es calificada como una nueva Hipatia.

Con motivo de unas recientes jornadas de *Biomedicina, Ciencia, Academia y Género*, organizado por la profesora Herrero, la Dra. Jiménez-Cervantes nos ilustraba ejemplarmente sobre un excelente ramillete de científicas biomédicas. Las figuras comentadas hoy podrían servir como prólogo y epílogo de ese listado.

HIPATIA • La belleza e inteligencia de esta joven y virgen matemática, astrónoma y filósofa fueron legendarias. Hipatia, que significa la más grande, fue hija del ilustre matemático Teón, quien soñaba con crear un ser humano perfecto. La consecuencia fue que Hipatia disfrutó de una educación física y mental especial de gran nivel. Al igual que ocurre con otros matemáticos de la antigüedad los conocimientos sobre su vida y su obra son escasos a pesar de que era considerada como el mejor matemático del mundo greco-romano.

Después de recibir las enseñanzas del Museo, Hipatia viajó por Italia y Atenas. Allí siguió los cursos de Temistius, Plutarco el Joven y su hija Asclepigenia, en la Escuela Filosófica. Al regresar a Alejandría, ocupó la cátedra de Filosofía de Plotino y enseñó Matemáticas, Astronomía, Filosofía y Mecánica a personas de toda índole, convirtiéndose su casa en un centro intelectual donde acudían estudiantes de Europa, Asia y África. Fue maestra, amiga y consejera de Orestes, el prefecto del Imperio Romano de Oriente y estaba bien considerada tanto en la comunidad cristiana como en la suya propia. Entre sus discípulos figuró Sinesio de Cirene, filósofo y cristiano que llegó a ser nombrado Obispo de Temópolis, quien, en una carta se refería a ella así: “Hemos visto, hemos oído a aquella que preside los misterios sagrados de la filosofía. Es santa y querida por la divinidad”.

No sabemos cuando nació exactamente pero Hipatia murió violentamente en marzo del

415. Como en la época de su muerte se habló de ella como de una mujer bella, calificativo que no hubiera tenido lugar si hubiera tenido más de 40 años, lo razonable es suponer que nació hacia el año 375.

Sus obras no fueron bien conservadas muerte pero conocemos algo del contenido de tres de ellas: COMENTARIO A LA ARITMÉTICA DE DIOFANTO DE ALEJANDRÍA (donde trataba de ecuaciones de primero y segundo grado); CANÓN ASTRONÓMICO; y un COMENTARIO A LAS SECCIONES CÓNICAS DE APOLONIO DE PERGA, tema este último que quedó ya olvidado hasta el siglo XVII. También estudió Hipatia profundamente la obra de Tolomeo y parece que optó por el heliocentrismo contra el geocentrismo, lo que pudo ser conocido siglos después por Copérnico, a través del único ejemplar de los comentarios del libro III del Almagesto que se conservaba en la biblioteca de los Médicis, Florencia. Asimismo, Hipatia construyó instrumentos científicos como el astrolabio, la esfera plana, el hidroscoPIO, un destilador de agua, otro aparato para medir el nivel del agua y un instrumento para saber la gravedad específica de los líquidos.

MUERTE • El gobierno de Alejandría era disputado por Orestes que representaba el orden antiguo, defensor del imperio greco-romano y de la emergente comunidad judía, y por el Patriarca de Alejandría, Cirilo, cristiano fanático, perseguidor de los judíos, que se apoyaba en el nacionalismo egipcio, en el malestar social y en las masas oprimidas de esclavos y de no ciudadanos que se dejaban convertir a la nueva religión. En aquella época, en Alejandría, las luchas entre paganos, cristianos y judíos eran constantes.

La situación de Hipatia, no casada, pagana, científica y personaje político influyente fue haciéndose crítica. No quiso convertirse al cristianismo y fue acusada de ejercer sobre Orestes, una influencia contraria a Cirilo. Según un relato presencial, al encontrarse en el centro de Alejandría en marzo del 415 con un grupo de cristianos exaltados, éstos “la arrancaron de su carruaje; la dejaron totalmente desnuda; le tasajearon la piel y las carnes, hasta que el aliento dejó su cuerpo; descuartizaron su cuerpo...” .

Algunos autores interpretaron esta muerte más que como una confrontación entre paganismo y cristianismo como una consecuencia del conflicto entre el poder civil (Orestes) y el eclesiástico (Cirilo). Aunque Orestes informó a Roma para abrir una investigación los asesinatos de Hipatia nunca fueron castigados y lo cierto es que, con ella, desapareció el pensamiento matemático griego, que hubo de esperar un milenio, hasta el Renacimiento para volver a resurgir.

MONTALCINI • Rita Levi-Montalcini nació en Turín Italia en 1909 siendo la más joven (junto con su hermana gemela Paola) de los cuatro hijos de una familia judía sefardí. Su padre era un destacado ingeniero eléctrico y su madre una pintora con talento. En el contexto de la época, tras la educación básica, el padre, autoritario, decidió inscribir a sus dos hijas en una escuela femenina para que aprendieran a ser buenas esposas y madres. Pero la tozudez y determinación de Rita fueron mayores y obtuvo la licenciatura en Medicina en 1936, y se doctoró después en Neurocirugía.

La persecución fascista contra los judíos se plasmó en 1938 en el *Manifesto della Razza*, de Mussolini, prohibiéndoles acceder a cualquier carrera académica o profesional. Ello impedía a Rita especializarse en Neurología. Entonces, se marchó 9 meses a un Instituto Neurológico en Bruselas, pero en 1940 las tropas alemanas invadían Bélgica. De vuelta a Turín, para estudiar el crecimiento de las fibras nerviosas en embriones de pollo construyó un laboratorio en su propia casa. Cuando en 1943 su familia se trasladó a Florencia con ella se llevó su laboratorio. Y lo mismo sucedió al regresar en 1945 a Turín.

Tras la Guerra mundial aceptó la invitación del profesor Hamburger, en Saint Louis, para investigar en Estados Unidos durante un semestre. Allí permaneció durante 30 fructíferos años investigadores. Sus trabajos, conjuntos con el bioquímico Stanley Cohen, sirvieron para descubrir que las células sólo comienzan a reproducirse cuando reciben la orden de hacerlo, transmitida por unas sustancias llamadas factores de crecimiento como el nervioso, que aislaron en 1954.

Se siguieron sumando más hallazgos y comenzaron los reconocimientos: Décima mujer en la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos (1968), premio Louisa Gross Horwitz junto a Stanley Cohen y Viktor Hamburger (1983), premio Nobel de Medicina, junto a Cohen (1986), Medalla Nacional de la Ciencia, el máximo galardón científico americano (1987).

Sus raíces italianas le llevaron en 1962 a establecer y dirigir una unidad simultánea de investigación neurobiológica en Roma y paulatinamente sus estancias italianas se fueron haciendo más largas, con responsabilidades científicas y sociales. Como ejemplo de estas, en el año 2001 fue designada senadora vitalicia por el presidente de la República italiana. En el año 2008 realizó una fructífera visita científica a Israel.

LA TUMBA DE JESÚS

LOS INICIOS DEL CRISTIANISMO, BASADOS EN HALLAZGOS PRETENDIDAMENTE CIENTÍFICOS, interesan a los grandes medios de comunicación. Primero, como libro, fue el éxito de EL CÓDIGO DA VINCI, más de 80 millones de ejemplares vendidos, traducido a 44 idiomas, con una teoría de conspiración relativa al Santo Grial y los hipotéticos amores de María Magdalena con Jesús; Antonio Banderas, en el año 2001, en el filme *El cuerpo* insistía sobre la mortalidad de Jesús, en el año 2003 se emitía en Discovery Channel el documental *El hermano de Jesús*, y el año pasado *El evangelio de Judas*, difundido por National Geographic, donde Judas simplemente actúa para cumplimentar los planes diseñados por Jesús. Lo último, por ahora, es el lanzamiento espectacular hace pocos meses, a través de un documental de Discovery Channel de *La tumba perdida de Jesús*. Para muchas personas estas producciones constituyen una fuente fiable al respecto.

La tumba perdida de Jesús ha sido producida por el director de Titanic, el oscarizado James Cameron, y dirigida por el cineasta israelí de origen canadiense Simcha Jacobovici, quienes aseguraban con motivo de su estreno que se basaban en el trabajo de años de investigación de renombrados arqueólogos, expertos en documentos históricos y especialistas en estadística y material genético, afirmando que sólo había una posibilidad entre 600-1.000 de que las tumbas halladas no fuesen las de Jesús y su familia, deduciendo que Jesús mantuvo una relación sentimental con María Magdalena, tuvo un hijo con ella llamado Judah y los tres fueron enterrados en unas tumbas encontradas juntas en Jerusalén hace 27 años.

CIENCIA • En todos los casos anteriores el reclamo común fue la afirmación de contar con una sólida base científica e histórica para los respectivos relatos. La Ciencia no tiene religión, opera en el terreno de lo natural y queda fuera de lo sobrenatural y es posible que haya arqueólogos que estén buscando la hipotética tumba de Jesús pero, si un hallazgo parecido ocurriese, sin duda no sería en una producción hollywoodiense donde se anunciase. Además, los casos comentados, consistentes en tener una idea y hacer todo lo posible para *mostrar* que la idea es cierta, todo ello acompañado del correspondiente circo mediático, son la antítesis

del método científico. Los científicos tienen una idea y después hacen todo lo posible para *investigar* si su idea es correcta o no y los descubrimientos se presentan en reuniones científicas profesionales y se publican en revistas de la especialidad con censores especializados que discuten cualquier punto oscuro. Concretamente, la historia y la arqueología de Jerusalén en el siglo I constituyen un tema de gran complejidad para que sean despachados de un modo que constituye una ofensa para los arqueólogos y académicos especializados en el inicio del cristianismo.

En todo caso, nuestra historia comienza el 28 marzo de 1980 al anunciarse el hallazgo de unos trabajadores, al excavar los cimientos de un bloque de viviendas, en el este de Talpiyot, un suburbio de Jerusalén, de una cueva de más de dos mil años de antigüedad conteniendo diez tumbas, que fueron supervisadas por el arqueólogo israelita Amos Kloner. De acuerdo con la Autoridad de Antigüedades de Israel seis de esos nichos tendrían grabados los nombres de: Mateo; María Magdalena; Jesús, hijo de José; María madre de Jesús; José, hermano de Jesús; y Judah, hijo de Jesús. El arqueólogo judío-británico Shimon Gibson elaboró los planos de la tumba y el académico israelí L.Y. Rahmani publicaba en 1994 su CATÁLOGO DE OSARIOS JUDÍOS conteniendo los datos esenciales relacionados con los diez osarios que fueron encontrados en la tumba de Talpiyot.

DOCUMENTALES • Precedido de previas multitudinarias ruedas de prensa, el 4 de marzo del año 2007 se emitió por el Discovery Channel el documental *La tumba perdida de Jesús*. La escenografía incluyó diferentes entrevistas con eruditos de Harvard, análisis de microscopía electrónica, pruebas de ADN, peritos en caligrafía antigua, etc., señalando que la historia era posible.

Una historia que recordaba a otra reciente, del año 2002, hecha pública en una conferencia de prensa celebrada en Washington: la aparición de una urna mortuoria, el osario de Santiago, conteniendo la inscripción “Santiago hijo de José, hermano de Jesús”, noticia de la que se hizo eco, al igual que de la anterior, la revista *BIBLICAL ARCHEOLOGY REVIEW*, interpretando que el apóstol Santiago, lapidado a los 62 años de edad, era uno de los varios hermanos de Jesús y que ello demostraba la no virginidad de María. El director de cine Simcha Jacobovici, intervino tras encontrarse con Hershel Shanks, editor de *BIBLICAL ARCHAEOLOGY REVIEW*, quien le comentó el hecho. Su documental sobre el mismo fue emitido en el año 2003 por Discovery Channel con el título *de El hermano de Jesús*. Una exposición con la

tumba fue visitada por más de 100.000 personas en el Museo de Ontario, en Canadá. Sólo el seguro de la tumba ascendió a un millón de dólares.

Con motivo del documental anterior Jacobovici visitó el sótano de la Autoridad de Antigüedades de Israel en donde se almacenaban el resto de los osarios y se encontró con el arqueólogo Amos Kloner, quien le mostró el de la inscripción de *Jesús hijo de José* y allí se inició su interés por el tema.

FRAUDES • Poco después de la emisión de *El hermano de Jesús*, una comisión de arqueólogos de la Israel Antiquities Authority y del Geological Survey of Israel, por unanimidad y en boca del director de Antigüedades de Israel, Shuka Dorfman indicó contundentemente: “El osario es real, pero la inscripción es falsa”. Lamentablemente los medios de comunicación no hicieron casi nada por rectificar el engaño. El propietario del osario, Oded Golan, fue arrestado por falsificación de antigüedades, encontrándosele numeroso material en proceso de falsificación. Y la policía halló la tumba, arrumbada como depósito, en un aseo de una vivienda de Tel Aviv.

Curiosamente, al tiempo que Discovery emitía el documental de Cameron, el Museo de Arte de Fort Lauderdale, Florida, USA, presentaba una exhibición procedente del Museo de Antigüedades de Israel titulada *La Cuna del Cristianismo*. Esta exhibición también contiene osarios del primer siglo y entre ellos incluso había uno con la inscripción: “Jesús hijo de José”. Otro pertenecía a una “María”. Sin embargo, nadie asociado con esa exhibición hizo ningún reclamo sensacionalista.

¿Existen similitudes entre los casos de los documentales *El hermano de Jesús* y *La tumba perdida de Jesús*? Asombrosos. No olvidemos que el fraudulento osario de Santiago estaba entre los diez osarios originales encontrados en 1980, que sirvieron de base de la reciente historia de *La tumba perdida de Jesús*.

La ciencia, tal como se puede comprobar en alguna de las Mininoticias acompañantes en esta sección, cuenta con argumentaciones histórico-arqueológicas, estadísticas y biológicas para no certificar la validez de las suposiciones de los responsables de este polémico documental.





TEATRO ROMANO DE CARTAGENA: UN RETO CIENTÍFICO Y CULTURAL

Sebastián F Ramallo Asensio

Catedrático de Arqueología y director científico del Proyecto Teatro Romano de Cartagena

LA INAUGURACIÓN DEL MUSEO Y RESTAURACIÓN DEL TEATRO ROMANO de Cartagena el viernes 11 de julio de 2008 cerró una etapa de un largo y complejo proyecto de investigación arqueológico iniciado el 7 de noviembre de 1988, tras una visita al solar de la Plaza de la Condesa de Peralta, donde la entonces Dirección General de Artesanía de la CARM había encargado al arquitecto –a la sazón director del Museo Arqueológico Municipal de Cartagena– P. A. San Martín Moro la construcción de un nuevo inmueble para el Centro Regional de Artesanía en Cartagena, con el objetivo de revitalizar esta deprimida zona del casco antiguo de la ciudad.

SITUACIÓN • El acierto de la decisión de recuperar y restaurar los restos del Teatro Romano es evidente. Cuando hoy nos deleitamos con los monumentales restos exhumados en estos últimos veinte años nos parece increíble que una construcción de tal envergadura –más de 5.000 m² haya pasado desapercibida hasta nuestros días; más aún cuando ahora sabemos que la plataforma de cimentación sobre la que se asentaba la escena del teatro, de dos pisos de columnas y más de 20 m de altura, casi afloraba en el patio de la Casa de la Condesa de Peralta y que las viviendas construidas a finales del siglo XIX, colindantes con ella, superponían las losetas cuadradas y de colores de sus pavimentos al potente basamento romano.

Más aún, el graderío, el sector más asociado con un edificio de espectáculos, se hallaba bajo una compleja deposición estratigráfica donde se superponían estructuras pertenecientes a distintos períodos históricos de la ciudad. A más de ello, el propio teatro había sufrido una compleja y completa transformación en el siglo V d. C., cuando sus estructuras fueron reconvertidas en un mercado en cuyas cimentaciones se emplearon capiteles y basas –labrados por artesanos venidos de la propia Roma–, columnas, sillares y otros restos de la monumental escena.

Además, gran parte del aparato ornamental con sus esculturas de dioses y emperadores, altares con delicados relieves, pedestales con inscripciones dedicadas a la familia de Augusto, yacían en el relleno que colmataba y nivelaba el foso situado bajo la tarima del viejo escenario, donde originalmente se alojaban los telones y maquinarias para accionar los decorados, ahora ocupado por los suelos enlosados de las habitaciones que conformaban el nuevo edificio comercial tardorromano.

CIENCIA • Desde el lado científico, la Universidad de Murcia ha proporcionado el equipo humano y la infraestructura del Laboratorio de Arqueología como apoyo a la interdisciplinariedad que un proyecto de esta envergadura requería. El profundo estudio que ha acompañado continuamente a los trabajos de excavación, conservación y restauración del Teatro Romano, ha permitido redefinir la importancia de determinadas fases históricas en el desarrollo de la ciudad y de su territorium a la vez que se ha impulsado la investigación en otros periodos. Son ya siete las tesis doctorales leídas o en curso de ejecución en la Universidad de Murcia así como libros, numerosos artículos y contribuciones a congresos, tanto nacionales como internacionales. Y cuatro los proyectos de investigación del Plan Nacional I+D+i, realizados en la Universidad de Murcia, así como importantes Seminarios y Workshop como los celebrados en Berlín y Cartagena. Esta labor investigadora, constituye la base y es imprescindible tanto para la correcta interpretación del trabajo de excavación y recuperación realizada como para su adecuada exposición y transmisión a la ciencia especializada como a los ciudadanos interesados en su patrimonio. En cuanto a este último cometido ha sido de gran importancia la inauguración del Museo del Teatro, espléndida y singularmente concebido por Rafael Moneo.

CULTURA • Además, trascendiendo el plano meramente arqueológico, que no es poco, la excavación del teatro ha implantado una nueva metodología de trabajo extrapolada con éxito a otras intervenciones en el casco urbano de Cartagena (anfiteatro, barrio universitario, Molinete, etc.). Se han depurado y adaptado a la problemática específica de la ciudad las más modernas técnicas de excavación y se han construido potentes bases de datos, que permiten gestionar con rapidez toda la información y los miles de datos obtenidos durante estos últimos años.

Estoy seguro de que un proyecto de esta envergadura no hubiera sido posible sin el compromiso y la decidida implicación de las Administraciones competentes pero también lo estoy de que nada hubiera sido igual sin el amplio y valioso equipo humano de técnicos arqueólogos y restauradores, arquitectos, dibujantes y topógrafos, y personal auxiliar que, en una labor callada e impagable, me han acompañado en la apasionante y satisfactoria tarea de encarar un proyecto de la envergadura y responsabilidad que suponía la recuperación del Teatro Romano, el espacio sociopolítico probablemente más emblemático de la Carthago Nova romana.

El Ayuntamiento de Cartagena ha ido adquiriendo, en un complejo proceso dada la extrema fragmentación del tejido urbano, los solares e inmuebles afectados por la excavación; el Ministerio de Cultura (entre 1994 y 1996) y la Consejería de Educación y Cultura (ahora diferenciadas) han ido financiado diversos e importantes aspectos relacionados con el proyecto global, en armonía con el trabajo de campo, realizado en gran parte en el Museo Arqueológico Municipal de Cartagena.

Y, desde 1996, ha sido la Fundación Cajamurcia, con una gran altura de miras, el pilar indispensable y siempre respetuoso para el definitivo impulso y desarrollo de los trabajos de excavación y recuperación. A partir de 2003 la Fundación Teatro Romano de Cartagena ha sido la encargada de canalizar las últimas actuaciones arqueológicas, los trabajos de restauración en el monumento, la habilitación de todos los accesos, rodados y peatonales, la adecuación del entorno, con el ajardinamiento de toda la zona posterior al graderío y la conexión con el Castillo de la Concepción, y la construcción del Museo Monográfico, actuaciones todas ellas que culminaron a comienzos del mes de julio, con la apertura del Museo del Teatro Romano. El nuevo conjunto arqueológico-museístico ejerce de transmisor de un periodo crucial de la historia de la ciudad y una muestra valiosa de la conjunción de la labor de un buen equipo científico, con el apoyo de las administraciones políticas y sociales y el deseo de una ciudad de recuperar y disfrutar su Historia para culminar con éxito una difícil tarea.

TESLA Y EL TRUCO FINAL

LOS AMANTES DEL CINE HEMOS DISFRUTADO ÚLTIMAMENTE DE INTERESANTES FILMES, entre ellos *El truco final* (título original *The prestige*), adaptación de la novela del escritor Christopher Priest en la que aparece el extraño personaje de Tesla (interpretado por el polifacético actor y músico David Bowie), inventor de un ingenioso aparato eléctrico utilizado por uno de los dos magos que protagonizan una historia de rivalidad en el Londres de comienzos del siglo XX.

TESLA • ¿Quién fue ese misterioso Nikola Tesla? Un físico excepcional, dotado de unas portentosas dotes científicas e inventoras junto a unas peculiares y misteriosas cualidades humanas que hicieron que algunos de sus contemporáneos lo consideraran como un ser extraterrestre.

Tesla nació en 1856 en Similjan, hoy Croacia, entonces Imperio Austrohúngaro. Su padre era un pastor ortodoxo que le presionaba para que siguiera su vocación religiosa, pero Nikola se sintió más motivado por su madre, dotada de un instinto desarrollador que le permitía fabricar artilugios tales como un batidor mecánico de huevos.

Desde sus primeros años de estudiante destacó la genialidad de Tesla, apasionado por las matemáticas y las ciencias, capaz de realizar complejos cálculos mentales matemáticos para desconcierto de sus profesores o de memorizar libros completos. En Graz, Austria, estudió ingeniería mecánica, física en Checoslovaquia y trabajó en varias compañías eléctricas y telefónicas europeas, simultáneamente con el desarrollo de nuevos principios, aplicaciones y patentes. A los 28 años se trasladó a los Estados Unidos, donde murió a los 88 años de edad.

INVENTOS • En el año 1915 la agencia Reuters adelantó que Tesla y Edison compartirían el Premio Nobel de Física de aquel año. Sin embargo, la distinción jamás fue recibida por ellos y una de las interpretaciones más extendidas fue la de que Tesla se negó a aceptar el premio porque Edison era un simple *inventor* mientras que él se consideraba superior como *descubridor* de nuevos principios científicos.

Realmente sus logros fueron impresionantes, con más de 700 patentes. Entre ellos, se podrían enumerar: utilización de la corriente alterna en lugar de la continua, su campo magnético giratorio imprescindible para el desarrollo de gran parte de los aparatos de nuestra civilización con corriente alterna, el primer motor de inducción por corriente alterna, la bobina de Tesla que fue un mecanismo de inducción muy utilizado en la tecnología de radio, lámparas precursoras de las fluorescentes con las mismas necesidades energéticas que las de Edison pero proporcionando veinte veces más luz, transmisión de energía electromagnética sin cables varios años antes que Marconi, una alta torre (la Wardenclyff Tower) para un sistema de comunicaciones sin hilos. El mismo año (1893) del vuelo de los hermanos Wright probó un prototipo de avión con despegue vertical; la radio bastante antes de que fuese copiada por Marconi. En las cataratas del Niágara construyó la primera central hidroeléctrica en el mundo para producir electricidad transmitida hasta Búfalo; en 1898 probó con éxito en el Madison Square Garden una pequeña nave capaz de recibir desde la Wardenclyff Tower energía eléctrica inalámbrica almacenada en unas baterías siendo la nave controlada a distancia (un sistema análogo al del vehículo Sojourner usado para la investigación superficial de Marte). En 1899 inventó un aparato que bautizó como *Teslascope* con el que afirmaba haber recibido *señales de Marte* aunque algunos científicos piensan que lo captado era el ruido cósmico. En los inicios del siglo XX ya afirmaba la factibilidad de lograr la televisión tal como la concebimos hoy, un desintegrador atómico capaz de evaporar rubíes y diamantes, asimismo sistemas precursores de los actuales microscopios electrónicos, de las fotografías láser y de lo que él llamó las *sombragrafías* unas placas logradas con Rayos X que Roentgen (el descubridor de los rayos X) constató eran similares a las obtenidas por él mismo con posterioridad, y 75 años antes de que el investigador Kirliam diera su nombre a la máquina capaz de fotografiar el cuerpo energético de seres vivos y plantas, Nikola Tesla ya experimentaba con instrumentos parecidos desarrollados por él. Sus diseños para una turbina sin aspas y una bomba sin ningún tipo de parte móvil (modelada a partir de un diodo) continúan intrigando a los ingenieros contemporáneos.

EDISON • En el filme *El Truco Final* aparece una truculenta trama respecto a Edison. Lo cierto es la enemistad archiconocida entre ellos. En 1884 Nikola Tesla había arribado a Nueva York con menos de un dólar en el bolsillo (ya que le habían robado el equipaje), un libro con sus poemas y una carta de recomendación de uno de sus socios europeos para Edison que

decía: “Querido Edison: conozco a dos grandes hombres y usted es uno de ellos. El otro es este joven”.

Desde hacía algunos años los generadores de corriente continua de Edison iluminaban Nueva York y otras ciudades americanas. Para Edison el interés de Tesla por la corriente alterna era una competencia directa. Sin embargo, lo contrató para mejorar sus propios diseños prometiéndole una recompensa de 50.000 dólares si lo conseguía. En poco menos de un año lo logró, proporcionando a Edison diversas y lucrativas nuevas patentes. Pero Edison se negó a pagarle la cantidad diciéndole que había sido sólo *una broma americana*. Peor aún fue que se opuso a subirle el sueldo a 25 dólares a la semana, lo que hizo que Tesla se marchase, profundamente decepcionado. El enfrentamiento fue continuo a partir de entonces. Edison defendió que la corriente alterna fuese utilizada en la silla eléctrica con el fin de desprestigiar ese tipo de electricidad y se dedicaba a electrocutar públicamente a perros y caballos para demostrar los peligros de la idea defendida por Tesla. Pero la corriente alterna era una mejor alternativa que la corriente continua y acabo imponiéndose.

MARCONI • En cuanto a la radio, Tesla había hecho el invento y lo había patentado en Europa, solicitando la patente en Estados Unidos cuatro años después. Sin embargo, no le fue concedida hasta 1900. Este tema fue muy conflictivo, pues Marconi se disputaba con Tesla el invento. Más aún, Tesla tuvo que ser testigo de que en 1909 se le concediese al italiano el premio Nobel. La realidad era que el invento de Marconi utilizaba hasta 17 patentes tecnológicas propiedad de Tesla y que la patente de Marconi fue presentada muy posteriormente a la de Tesla, el 10 de noviembre de 1900, siendo desestimada por la Oficina de patentes por considerarla una copia de la de Tesla. Pero la Marconi Wireless Telegraph Company no se conformó con esto. El complejo litigio se extendió por años y por miles de páginas que incluían testimonios de brillantes científicos a favor de Tesla. En junio de 1943 la Corte Suprema de Estados Unidos dictaminó que la patente presentada por Nikola Tesla era la única válida. Pero Nikola había fallecido poco antes, en enero, en Nueva York, en la habitación del hotel en la que vivía. Murió solo, casi arruinado, bastante olvidado, rodeado de teorías de conspiraciones y robos con la desaparición de muchos de sus papeles, notas y esquemas. Cuando murió, el Gobierno de los Estados Unidos intervino todos sus documentos y estudios que aún no han sido desclasificados. Entre ellos se encontraban sus proyectos de suministro gratis de energía y del llamado *rayo de la muerte*.

LAS MUJERES Y LA CIENCIA

Celia Jiménez-Cervantes

*Profesora Titular de Bioquímica y Biología Molecular en la Facultad de Medicina
de la Universidad de Murcia*

RECIENTEMENTE SE HA CELEBRADO EL CURSO DE *BIOMEDICINA, CIENCIA, ACADEMIA Y GÉNERO*, organizado por la profesora M^a. Trinidad Herrero, Catedrática de Anatomía de la Facultad de Medicina de Murcia.

En las siguientes líneas intentaré resumir mi participación en una de las Mesas Redondas celebradas para la que me inspiré en el reciente cuaderno de la Fundación Esteve titulado *DOCE MUJERES EN LA BIOMEDICINA DEL S. XX*. Universitarias todas, cabe destacar que, solían ser las únicas mujeres en un aula de unos 300 alumnos. Tan admirable es su fascinación por la ciencia como su tesón, perseverancia, autoexigencia, buen humor y la proyección social que desplegaron a la hora de emplear su inteligencia y plasmarla en logros científicos históricos, muchas veces con cotas elevadas de agresividad y hostilidad en su entorno, a veces incluso, con comentarios personales despreciativos.

Comentaré brevemente el caso de 14 grandes mujeres que por sus logros en el ámbito de la biomedicina se han colocado en lo más alto del *podium* de la ciencia moderna.

NOBELES • Algunas fueron pioneras en obtener el Premio Nobel, e incluso dos Premios Nobel y, en un caso, fueron premiadas tanto madre como hija. Me refiero, por supuesto a Marie Curie y su hija Irene. Marie recibió el primer Nobel en Física (1903) y posteriormente el de Química (1911). Su hija Irene lo recibía en 1935, por sus descubrimientos y estudios de isótopos radiactivos como el polonio y el radio, que tienen una aplicación trascendental en la radiología clínica, diagnóstica y terapéutica.

En 1964 recogió el premio Nobel en Química Dorothy Hodgkin. Exponente supremo del arte de la cristalografía, sentó las bases para la cristalización de proteínas y cristalizó ella misma las primeras biomoléculas complejas como el colesterol y la vitamina B12. Hoy en día

sus métodos se usan para resolver la estructura atómica de las proteínas, de las que se depositan aproximadamente una a la semana en la base de datos correspondiente.

En 1947, recibía el Nobel en Fisiología y Medicina la primera mujer en conseguirlo, Gerty Theresa Cori, por sus aportaciones bioquímicas sobre el metabolismo del glucógeno y las bases moleculares de cuatro glucogenosis o enfermedades genéticas del glucógeno. Ingresó en la Facultad de Medicina con 16 años, pero no obtuvo una plaza permanente en una Universidad hasta cumplir 40 años, recibiendo durante todo este tiempo un salario que sólo llegó a ser el 20% del de su marido y colaborador, Carl Cori, co-Nobel con ella.

Rosalin Yalow, fue nominada al Nobel en Medicina en dos ocasiones, recibéndolo 1977, ya que el fallecimiento de su colaborador científico hizo que no prosperara la primera propuesta. Puso a punto un método, hoy ampliamente empleado en el campo de la endocrinología, el RIA, que permitía la detección y análisis de compuestos biológicos que dada su baja concentración en sangre eran imposibles de detectar de otro modo. Como consideraba el matrimonio y la familia elementos esenciales en la vida de una mujer, supo compatibilizar trabajo y familia. Buena cuenta de su éxito fueron no solo los premios recibidos, sino también el que sus hijos afirmen que no pagaron ningún precio por las exigencias de su carrera científica.

MÁS NOBELES • Bárbara McClintock descubrió los transposones en el maíz (elementos móviles dentro de los cromosomas y entre ellos) cuando todavía no se conocía la estructura del ADN. La recepción de estos resultados fue fría y hostil por parte de la comunidad científica, que llegó a abandonar la sala del congreso donde ella presentaba por primera vez sus resultados, en 1951. Pero 20 años más tarde quedaban validados en bacterias. Se enfrentó a una etapa de gran dureza y aislamiento hasta los 60 años, cuando recogió el Nobel de Medicina (1983). Algunos biógrafos opinan que el premio no llegó tarde, es que Bárbara llegó demasiado pronto.

En 1986 recibe el Premio Nobel de Medicina una italiana licenciada en latín, griego matemáticas y Medicina, Rita Levi-Montalcini. Pero a ella sola se le dedica un artículo en este libro.

Christiane Nusslein-Volhard es otra de las diez mujeres Nobel, en este caso Medicina (1995). Su enorme tesón, talento y una férrea organización le permitió encontrar el primer y más excitante ejemplo de la Biología del Desarrollo. Trabajando con un contrato de tres años (1978-80) en el laboratorio de Biología Molecular de Heidelberg, reveló con claridad lo que nadie habría esperado ni predicho: que todos los seres vivos, desde la esponja al hombre,

poseen genes muy similares y que la gran diversidad morfológica radica en el patrón de expresión espacio-temporal de los mismos. Consciente del sacrificio que supone la tarea científica para las mujeres, fundó en 1994 una fundación que lleva su nombre y beca a jóvenes científicas con hijos para ayudarlas a realizar las tareas simultáneas de madres e investigadoras, sin renunciar a ninguna. Financia desde *canguros* que se quedan con los niños para que las madres puedan asistir a congresos científicos, hasta la ayuda doméstica o la compra de lavadoras y lavavajillas.

NO NOBELES • No recibió el Nobel, aunque Helen Blackburn lo mereció de sobra por su descubrimiento de la estructura de los cromosomas y en concreto de los telómeros, así como del mecanismo molecular necesario para mantener la estabilidad e integridad de los mismos. Ella se quejaba, no sin razón, de que no tiene ningún sentido que los accesos de la mujer a una carrera estén cerrados por una situación temporal.

Janet Rowley, está casada y con cuatro hijos que la han visto recortar en la mesa del comedor de casa los cromosomas de las imágenes de citogenética. Estos recortes le permitieron describir en los años 70 los fenómenos de las grandes translocaciones cromosómicas, origen molecular de muchas leucemias. Trabajaba a tiempo parcial, para poder conciliar la vida laboral y familiar, aunque según ironiza ella, “se esperaba tan poco de las mujeres, que era fácil conseguir cumplir con las expectativas”. A sus 82 años y con una visión muy progresista del mundo actual, dice haber sido consciente de que ha tenido lo mejor de los dos mundos, refiriéndose a su familia y la ciencia.

Por último, Helen Brooke Taussing, una cardióloga que, no sólo describió las cardiopatías de origen genético, sino que estableció el tratamiento quirúrgico a algunas de ellas. Propuso realizar la apertura de un ductus en los niños cianóticos, y de este modo se practicó la primera intervención quirúrgica de este tipo a una niña de 15 meses en el hospital Johns Hopkins. Hasta los 61 años no obtuvo la plaza de profesora de Pediatría.

Lo que subyace en todas estas historias que sólo he esbozado es, por una parte el gran sobreesfuerzo que han tenido que realizar estas mujeres para alcanzar, más tarde y en menor medida que sus colegas masculinos, el reconocimiento académico que merecían. Por otra parte, la dificultad de compaginar una vida laboral productiva y de primer nivel con una vida familiar y afectiva, plena y satisfactoria.

LA CIENCIA Y LA LEYENDA NEGRA ESPAÑOLA

¿PODRÁ CORREGIR LA MODERNA BIOLOGÍA MOLECULAR LAS FALSEDADES Y EXAGERACIONES de la conocida como leyenda negra española del comportamiento de los conquistadores españoles en América?

LEYENDA • La Leyenda negra difundió por todo el mundo, con notable éxito, la imagen de una España ignorante, codiciosa, cruel, fanática e inquisitorial, enemiga del progreso y ejercitante de la violencia extrema contra los indígenas.

Curiosamente, con el propósito de fustigar algunos excesos de los conquistadores, el origen de la Leyenda negra se debe a los propios españoles, EN LA BREVÍSIMA RELACIÓN DE LA DESTRUCCIÓN DE LAS INDIAS (1552), del misionero dominico Bartolomé de Las Casas, y en los escritos de Antonio Pérez, secretario de Felipe II. A través de la imprenta se reprodujeron millares de ejemplares de la *Brevísima* con ediciones como la que contenían las cruentas ilustraciones de Theodore de Bry. El éxito fue enorme y, posiblemente sin quererlo, el padre Las Casas suministró las mejores armas para las pretensiones sobre el Nuevo Mundo de franceses, alemanes, holandeses o ingleses.

Cuando estas potencias lograron establecerse, como mínimo cometieron las mismas crueldades, pero quedaron amortiguadas o silenciadas. Su planteamiento fue radicalmente opuesto al que se derivaba, por ejemplo de una Instrucción, de 1503, de la reina Isabel, precursora de la igualdad y paridad, ya que animaba a que “dichos indios se casen con mujeres indias y mujeres cristianas con ellos”. Una Real Cédula de Fernando en 1515 decía: «Es nuestra voluntad que tengan entera libertad para casarse con quien quieren, así con indios como con los naturales de estos reinos o españoles nacidos en las Indias...». Y, en las Instrucciones dadas a Colón en 1497, se ordenaba que: “Se habían de sembrar semillas, plantar huertos e algodóneras e linares e viñas e árboles e cañaverales de azúcar e otras plantas e hacer edificar casa e molinos e ingenios para dicho azúcar”. Las órdenes recibidas por la Casa de Contratación de Sevilla en 1519 obligaban a “que no parta alguna nave para las Indias sin lle-

var útiles de labranza y abundante simientes”. Ninguna otra nación en el mundo auspició una apertura tal en el campo de las relaciones humanas.

América dio a Europa el maíz, la papa o el tomate, pero España llevó hasta América no sólo la guitarra sino cultivos como el trigo, cebada, centeno, arroz, vid, guisantes, cebollas, caña de azúcar y melones, además de árboles como el olivo, naranjo, limonero, plátano, manzano, melocotonero, albaricoquero, higueras, almendros, nogales y la palmera datilera, así como especies como el pino y el ciprés y animales tan útiles como el caballo, perro guardián, cerdo, vaca, cabra, oveja churra, gato, conejo, gallina y palomas, como nos confirman las investigaciones realizadas sobre los ADN correspondientes. Y más crucial todavía: la rueda como transporte; todo se hacía sobre las espaldas, ni usaban el arado, aun en sus formas más primitivas. Otros botones de muestra: En Santo Domingo, en 1503, ya funcionaba el primer hospital fundado por los españoles. Los franceses no crearon uno hasta 1639 en Québec, y en lo que hoy es territorio de Estados Unidos, el primero data de 1765. Y la Universidad de San Marcos, en Lima ya alcanzaba su esplendor en el año 1551.

Pero, dentro de la leyenda negra, existe otro epígrafe, el de las enfermedades que llevaron los españoles y diezmaron a los indígenas. Incluso el historiador e hispanista británico Hugh Thomas, autor, entre otros muchos libros, del famoso THE SPANISH CIVIL WAR, en varias ocasiones se ha referido al del declive demográfico de la población indígena en el Caribe, como consecuencia del contacto de aquellas gentes con las enfermedades de los europeos, especialmente la sífilis, que causó estragos, más que las matanzas y los combates. ¿Qué hay de cierto al respecto y, más concretamente respecto a la sífilis y la tuberculosis?

SÍFILIS • En las últimas dos décadas la paleopatología ha recibido contribuciones muy importantes de la biología molecular, mediante las técnicas de amplificación de ADN, lo que ha permitido aclarar bastante las discusiones respecto a la sífilis.

La enfermedad tenía el estigma de ser la peor venérea conocida (antes de la llegada del SIDA) y aún se desconoce su origen exacto inicial. A fines del siglo XV y principios del siglo XVI tuvo lugar en Europa un gran incremento de casos de sífilis coincidente con cambios en las costumbres sexuales, incremento de los viajes marítimos y el descubrimiento del Nuevo Mundo. Por ello, fue relativamente sencillo ligar este último acontecimiento con la enfermedad y achacar el contagio a los conquistadores.

Sin embargo, las técnicas de amplificación de ADN no dejan lugar a dudas. Existen restos

en la América precolombina con efectos claros demostrables ocasionados por la sífilis (*Treponema pallidum* sub sp. *Pallidum*); al igual que también es conocida la existencia de restos óseos en la Europa precolombina con huellas de la sífilis endémica no venérea (*Treponema pallidum* sub sp. *endemicus*). Como ha sido posible extraer ADN de *T. pallidum* sub sp. *pallidum* en restos óseos humanos de la Isla de Pascua con una antigüedad de varios siglos, y distinguirlos de otros treponemas y como también conocemos la secuencia genética del genoma del microorganismo es cuestión de tiempo la identificación de las características genéticas de los treponemas y su evolución filogenética y distribución histórica mundial. En todo caso la sífilis ya existía en el Nuevo Mundo antes de la llegada de los españoles.

TUBERCULOSIS • La relación entre tuberculosis y descubrimiento de América ha sido otro punto clásico de discusiones. Clásicamente se ha negado con persistencia la existencia de una tuberculosis precolombina. Lo que indican los datos paleopatológicos actuales es que ha sido una significativa causa de mortalidad en los humanos durante los últimos 5.000 años y que ello ocurrió también en la América precolombina. Entre los casos más divulgados se encuentran el de una momia peruana (Nasca) precolombina de 1.000 años de antigüedad, con la enfermedad de Pott, estudiada en 1994 y el de una momia egipcia del 1500 a.C., dado a conocer en 1997. En otro estudio de 483 esqueletos y momias halladas en Arica (Chile), dados entre 2000 a.C., y 1500 d.C. se reveló la presencia de *M. tuberculosis* en el 1% de los restos individuales.

Conocer la secuencia del genoma del *Mycobacterium tuberculosis* es un buen punto de partida para intentar aclarar muchas incógnitas respecto a su origen, evolución y futura trayectoria coevolutiva, También para aclarar la controversia sobre el origen de la tuberculosis precolombina. Aún más: se sospechaba que el *M. tuberculosis* derivaba del *M. bovis*, y que ello habría sucedido entre unos 15.000 y 20.000 años atrás con el desarrollo de la ganadería. Sin embargo, el estudio del material genético de diversas especies de micobacterias ha revelado que fue un antiguo ancestro el origen común de *M. canettii*, *M. tuberculosis complex* y de otra rama de la que derivaron el *M. africanus*, el *M. microti* y el *M. bovis*.

*Ciencia y pasado.
Mininoticias*

CLIMA • La revista GEOLOGY publicó una investigación basada en el estudio de fósiles que revelaba que hace 40 millones de años existía en la tierra un gran efecto invernadero. El clima en la región de Nueva Zelanda mostraba tierras verdes, con mares templados y prácticamente ningún hielo en la Antártica, con unas condiciones globales que pueden asemejarse a las esperables finales del presente siglo si se cumplen las predicciones de cambio climático. Asimismo describen cambios cíclicos en las temperaturas, con una duración de 18.000 años, asociados a variaciones orbitales terrestres.

TUNGUSKA • En una zona siberiana aislada se produjo en 1908 una misteriosa gran explosión que muchos científicos atribuyen a la caída de un meteorito. Pero algunos biógrafos del enigmático Nikola Tesla, insisten en que le dijo a un amigo, que hizo una expedición al Ártico, que le saludaría con un destello de luz. El mismo día en que iba a llevarse a cabo dicho aviso fue cuando se produjo la misteriosa explosión en esta zona de Rusia.

ANGKOR • En el verano del 2008 la revista PNAS publicó que mediante técnicas de radar usadas en vuelos de la NASA científicos australianos y neozelandeses habían estudiado la zona camboyana donde se ubican el conjunto medieval de los templos de Angkor Wat descubriendo los vestigios de la existencia de una antigua gran capital de 1.000 kilómetros cuadrados, con más de un millón de habitantes y campos de cultivos a lo largo del río Siem Roap dotados de sistemas de irrigación para cultivar el arroz necesario.

CUEVA NEGRA • La Cueva Negra de la Encarnación, en el estrecho del Río Quípar, en Caravaca de la Cruz, es una cavidad de unos 12 m de diámetro interior, un abrigo natural bajo un acantilado al pie de la ladera septentrional de la sierra. Fue parcialmente rellenada por sedimento mayoritariamente fluviolacustre con una proporción pequeña de componente eólico o loess. La datación del yacimiento por análisis polínico es compatible con la atribución al interglaciador cromeriense III o IV del Pleistoceno Medio antiguo. Se han ido encontrando algunos restos de homínidos que se remontan hasta hace unos 500.000 años, y numerosos indicadores climáticos y de la fauna y la flora de la época. Su importancia recae en el hallazgo de restos del *Homo heidelbergensis* del Pleistoceno Medio que fue el antepasado directo del Hombre de Neandertal.

HOMINIZACIÓN • La revista de Harvard EURASIAN PREHISTORY publicó un artículo del grupo investigador sobre los restos de la Cueva Negra (Caravaca) que dirige el profesor Michael Walker. Por los resultados se ha interesado uno de los mayores expertos mundiales del tema el profesor Ofer Bar-Yosef de Harvard. El interés estriba en que los descubrimientos señalan hacia una capacidad cognitiva flexible en los precursores neandertales europeos, como los de la Cueva Negra, que hasta ahora sólo se reconocía a los precursores del africanos del *Homo sapiens*, pero en fechas posteriores.

NEANDERTALES • En agosto del 2008 la revista CELL publicó una amplia investigación de un consorcio internacional liderado por científicos alemanes mostrando la secuencia genómica completa procedente de un resto óseo de un neandertal de hace 38.000 años. Sin duda, es una importante contribución para conocer el pasado de los humanos y homínidos y ayudará a responder algunas de las muchas interrogantes existentes al respecto. Está en marcha el proyecto de la secuenciación completa nuclear neandertal, lo que se podría denominar Proyecto Genoma Neandertal.

HOMO ERECTUS • A finales del 2008, la revista SCIENCE publicaba un artículo sobre el hallazgo de un fósil de *Homo erectus* sugerente de que las hembras de esta especie tenían pelvis grandes y anchas para poder dar luz a bebés con cerebros grandes. El investigador Scott W. Simpson y sus colaboradores han recobrado y restaurado una pelvis casi completa de una hembra adulta *H. erectus* de Gona, Etiopía. Se cree que el *H. erectus*, un utilizador de herramientas relativamente sofisticado, fue el primer homínido que emigró de África y podría haber sido el primero en controlar el fuego.

NEANDERTALES PELIRROJOS • Un equipo internacional de investigadores, liderados por el catalán Carles Lalueza-Fox, han analizado muestras de ADN de dos especímenes de Neandertal provenientes de España e Italia, examinando la secuencia del gen MC1R, que codifica una proteína relacionada con el proceso de pigmentación melánica, encontrando una variante, o “alelo” del gen en las dos muestras que en células cultivadas, aun siendo distinto, se comporta funcionalmente como otra variante ya conocida característica de los actua-

les pelirrojos. En el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina de Murcia, que investiga sobre pigmentación, recientemente se había obtenido esa misma mutación presente en los neandertales trabajando sobre muestras actuales “in vitro”.

MICHAEL WALKER • El profesor Michael Walker (Colchester, 1941) pertenece al Departamento de Biología Animal de la Universidad de Murcia desde 1988 después de una larga trayectoria docente desarrollada en las universidades de Sydney, Australia (1973 a 1988) y Edimburgo, Reino Unido (1969 a 1973). En la Universidad de Oxford cursó las carreras de Fisiología Animal y Medicina, y otra de segundo ciclo de la Arqueología Prehistórica, antes de doctorarse en la Facultad de Antropología. Su labor investigadora se centra en dos estaciones murcianas neandertalenses del período transicional Pleistoceno Medio-Superior: la Sima de las Palomas del Cabezo Gordo y la Cueva Negra de La Encarnación.

TRATADOS • Los tratados de Arquímedes contenidos en su investigado palimpsesto son: EL EQUILIBRIO DE LOS PLANOS, LAS LÍNEAS ESPIRALES, LA MEDIDA DEL CÍRCULO, LA ESFERA Y EL CILINDRO, DE LOS CUERPOS FLOTANTES, EL MÉTODO DE LOS TEOREMAS MECÁNICOS y el STOMACHION. Los tres últimos son de gran significado para la comprensión de la obra de Arquímedes ya que mientras de los otros cuatro existían copias procedentes de otros manuscritos, no existía ninguna de LOS CUERPOS FLOTANTES en griego, el idioma en que escribía Arquímedes, ni tampoco ninguna versión, en cualquier idioma, del MÉTODO ni de la parte del STOMACHION incluida en el palimpsesto.

POSIBLE NOBEL • Lo merecería Elizabeth Fondal Neufeld, bioquímica, quien aunque discriminada por razones de género fue capaz de describir las bases genéticas y moleculares de las conocidas como enfermedades por almacenamiento lisosomal o mucopolisacaridosis. Octogenaria en activo, tiene quizás todavía la oportunidad de recibirlo.

FUNDACIÓN LEVI-MONTALCINI • La fundación Rita Levi-Montalcini (http://www.ebri.it/ebri-about_it.htm) patrocina un gran Centro italiano de investigación

sobre el cerebro, el EBRI (European Brain Research Institute). La excelente labor científica internacional de ese Centro se completa con otra ilusión de Nobel, la educación de aquellas mujeres que aún tienen grandísimas dificultades, sobre todo las del continente africano y para conseguirlo ofrecen diversos tipos de becas. Y Rita Levi considera esencial acabar con la opresión sobre las mujeres que los países islámicos ejercen, porque “si la religión margina a la mujer frente al hombre, la aparta del desarrollo cognitivo”.

BIOÉTICA • Rita Levi-Montalcini, como senadora vitalicia de la República Italiana firmó un manifiesto contra la ley de reproducción asistida italiana que frenaba enormemente la investigación con células madre. “Las células embrionarias ofrecen enormes posibilidades a los investigadores que buscan cura para las peores enfermedades”. Sin embargo la Nobel rechaza totalmente la manipulación genética: “Odio esa opción. No tenemos derecho a fabricar niños con ... tal característica o tal otra. Eso va más allá de los límites de la moral...”.

REFLEXIONES • La lucidez mental de la centenaria científica Rita Levi-Montalcini también se ha plasmado en obras divulgadoras en las que reflexiona sobre la especie humana y que van desde su autobiografía (ELOGIO DE LA IMPERFECCIÓN), un excelente ensayo sobre la vejez (*EL AS EN LA MANGA*), o la discriminación de la mujer (TIEMPO DE CAMBIOS), donde reivindica que “la incorporación del componente femenino a las altas esferas político-sociales y su plena implicación son imperativas para un nuevo orden mundial”.

MATEMÁTICAS • Aunque Arquímedes consiguió la fama por sus invenciones mecánicas, creía que las matemáticas puras eran la única profesión digna. Plutarco describía esta actitud así “Arquímedes poseyó un espíritu tan alto, un alma tan profunda, y tales tesoros de conocimiento científico, que aunque estas invenciones le habían ahora aportado el renombre de estar por encima de la sagacidad humana, él todavía no se dignaría a dejar tras él ningún comentario o escrito sobre tales materias”.

GEOMETRÍA • Dentro de las Matemáticas la fascinación de Arquímedes por la geome-

tría era total, como también describía Plutarco: “A menudo los criados de Arquímedes le llevaban a los baños contra su voluntad, para lavarle y ungirle, y aun estando allí, siempre estaba dibujando figuras geométricas, incluso en las mismas cenizas de la chimenea. Y mientras lo estaban ungiendo con aceites y dulces perfumes, con sus dedos dibujaba líneas sobre su cuerpo desnudo, hasta tal punto estaba fuera de sí, y llevado a un éxtasis o trance, con el deleite que tenía en el estudio de la Geometría”.

HERODES EL GRANDE • ¿Ha finalizado la búsqueda de la tumba del Rey Herodes el Grande? Así lo parece. La búsqueda de la tumba de Herodes, que comenzó activamente hace treinta años, fue concentrada a mediados del 2006 en el Herodium inferior, a 15 kilómetros al sur de Jerusalén en un área que fue, sin lugar a dudas, construida especialmente para el funeral y enterramiento del rey. Herodes el Grande fue el rey de Judea, asignado a ese cargo por los romanos, desde el año 37 a.C. hasta el 4 a.C. Los investigadores de Arqueología de la Universidad Hebrea han sido dirigidos por Ehud Netzer, junto con Yaakov Kalman y Roi Porath, con la participación de beduinos locales.

OSCILADOR • Es en 1899, en Colorado Springs, donde Tesla realizó su descubrimiento principal (recreado en el filme *El truco final*), el *Oscilador Vibracional Mecánico*. Probó que la tierra podía usarse como un conductor y responder como un diapason a determinadas vibraciones eléctricas. Generando 4 millones de voltios enviadas a su Wardencliff Tower pudo encender 200 bombillas sin cables a una distancia de 40 Km y crear rayos de más de 40 metros. Era la base para su proyecto de suministro generalizado de energía gratis sin cables.

RAYO DE LA MUERTE • Nikola Tesla, en los inicios de la Primera Guerra Mundial, basándose en uno de sus inventos, la *Bobina de Tesla*, presentó un proyecto para crear un aparato capaz de lanzar un rayo electromagnético a cientos de kilómetros de distancia con la presunta capacidad de derribar aviones. Tras la contestación negativa escribió al presidente Wilson informándole de la posesión de un rayo capaz de destruir grandes extensiones de tierra. Los escritos de Tesla hacen numerosas referencias al uso de una energía poderosa de control por radio que algunos han relacionado con la famosa explosión de Tunguska.

ARQUEOLOGÍA • Entre los especialistas que con abundantes argumentos históricos y arqueológicos son escépticos respecto a las interpretaciones contenidas en el documental *La tumba perdida de Jesús*, se encuentran: Amos Kloner, el primer arqueólogo que examinó el sitio del descubrimiento, Eric Meyers, profesor de estudios judaicos de la Duke University, Paul Flesher de la University of Wyoming, L. Michael White, de la Universidad de Texas, Joe Zias, arqueólogo de la universidad de Rockefeller, e incluso Stephen Pfann, quien aparece brevemente en el documental como perito de la Universidad de Tierra Santa de Jerusalén experto en antigüedades. Todos ellos afirman que las conclusiones de Cameron y Jacobovici no tienen validez arqueológica ni histórica.

ADN • Sobre el tema del ADN los responsables del documental televisivo *La tumba perdida de Jesús*, elucubran pseudocientíficamente. Su base es que los expertos en ADN han demostrado que los restos en el *osario de Jesús* y en de *María Magdalena* no tienen vínculo genético. De ahí especulan: “Quizás estaban casados y quizás lo mantuvieron en secreto para proteger la posible dinastía...”. Dejando aparte otros estudios indicativos de que el osario femenino pertenecía a dos mujeres, lo recomendable hubiera sido comparar los ADN mitocondriales del osario de María y de Jesús para confirmar la pretendida relación madre-hijo. ¿O acaso si lo hicieron y no revelaron el resultado?

ESTADÍSTICA • El tratamiento estadístico de los datos realizados por el estadístico Dr. Feuerverger, colaborador del documental *La tumba perdida de Jesús*, para confirmar la baja probabilidad (1/1.000) de la coincidencia de los nombres de la familia de Jesús con los de otros cualesquiera ha sido profundamente criticado por muchos otros especialistas en estadística y el mismo Feuerverger reconoció posteriormente que sus cálculos dependen de suposiciones cuestionables y que solo es probable esa estadística si *todas* las premisas históricas que se manejaron fuesen ciertas.

ENTORNO • La imagen casi fantasmagórica del entorno del Teatro Romano de Cartagena existente en 1988, con los edificios en ruina recortados ante la ladera del Cerro de la Concepción, contrasta con la diáfana visión actual, donde los restos del monumento roma-

no concentran la atención del espectador y resaltan sobre un brillante cielo azul, ante los restos de la fortaleza medieval. Los conocedores de este abigarrado barrio presidido por las ruinas de la iglesia de Santa María –la popular Catedral Vieja– entienden la profunda metamorfosis como el resultado de una difícil operación de cirugía de excavación arqueológica que ha paralizado la irreversible degradación de toda la zona.

ÉPOCA TARDORROMANA • La reconversión tardorromana del Teatro Romano de Cartagena, además de funcional, tenía un marcado significado simbólico, reflejo de la transformación en el modelo de ciudad renunciando a grandes espacios de ocio y de autorepresentación de las familias más distinguidas para fomentar la construcción de otros edificios funcionales, como almacenes, mercados, instalaciones portuarias y relacionadas con el comercio e impulsados con una nueva clase dirigente de mayor vocación mercantil. Curiosamente ahora, la ciudad desanda su propia historia y reproduce una situación inversa a la vivida en época tardorromana, optando por la recuperación del gran espacio de ocio para la ciudad.

CONSECUENCIAS • La intervención arqueológica desarrollada en el entorno del Teatro Romano de Cartagena ha trascendido los límites del mero proyecto de investigación científica y sus resultados repercuten en la definición de la nueva ciudad del siglo XXI, donde recursos patrimoniales y museos, constituyen una de las bases económicas primordiales de su desarrollo. La recuperación del teatro en cierto modo ha impulsado otras actuaciones arqueológicas, con la modélica conservación de sus restos y la construcción de Centros de Interpretación anexos, para hacerlos comprensibles al público en general. También su contribución ha sido decisiva para invertir un proceso de degradación del tejido urbano, social y económico de la ciudad; en este sentido conviene advertir que los cambios son lentos y paulatinos pero también efectivos y duraderos; no hay más que contemplar lo acontecido en otras ciudades italianas, e incluso españolas, para apreciar los resultados positivos de estas transformaciones.

MANUSCRITO • Uno de los descubrimientos arqueológicos más importantes cono-

cidos fue el de los manuscritos del Mar Muerto, datados hace unos 2.000 años, es decir, casi contemporáneos a Jesucristo. También se han descubierto fragmentos de alfarería con ciertos textos al sur de la actual Beit Shemesh, cerca de donde, presumiblemente, David mató a Goliat. Y lo interesante es su datación, de hace unos 3.000 años, es decir posiblemente contemporáneos al legendario rey David. Se han descifrado ya algunas palabras de las cinco líneas del texto hebreo, el más antiguo conocido. Hacen referencia a esclavo, juez y rey, por lo que podrían ser parte de un código legal que podría ayudar a saber más sobre la civilización hebrea.

ADN • Un equipo investigador mixto del Massachusetts Institute of Technology, el Instituto Oceanográfico de Woods Hole y la Universidad de Lund, ha conseguido identificar por vez primera el ADN proveniente del interior de contenedores de cerámica en un antiguo pecio del fondo marino (restos submarinos de un naufragio), haciendo posible determinar cuál había sido la carga del navío: un ánfora contuvo aceite de oliva y orégano mientras otra ánfora probablemente contuvo vino.

LAS MINAS DEL REY SALOMÓN • No de oro, sino de cobre. Un equipo internacional de arqueólogos que trabaja en un lugar arqueológico de Khirbat en-Nahas, en Jordania, ha encontrado los restos de una, datada por el carbono 14 en la época del legendario reinado de David y Salomón. La investigación documenta la existencia de un pico en la actividad metalúrgica en este lugar durante el siglo noveno a.C., lo que apoyaría la historia de los edomitas, relatada en la Biblia, discutida hasta ahora por historiadores que pensaban que el Antiguo testamento habría sufrido profundos retoques en el siglo V a.C. y que los edomitas no poseían una organización sólida.

*MEDIO AMBIENTE
Y
VIDA SALUDABLE*



UN GRAN CALENTÓN

SEGÚN WINSTON CHURCHILL, “Mientras más lejos se pueda ver en el pasado, es probable que se vea más lejos en el futuro”. Esta frase es especialmente valiosa si la relacionamos con nuestro clima y medio ambiente, más aún actualmente cuando los fenómenos del efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático son causa de graves incertidumbres para la humanidad.

¿Vivimos la época más caliente de la Tierra? Y, si con anterioridad nuestro planeta ha sufrido de periodos más calientes, ¿cuáles fueron sus causas?, ¿son asimilables a las actuales?

LAS DERIVAS. La Paleoclimatología es la ciencia que estudia las variaciones del clima en los diversos periodos geológicos. Dada la carencia de disponibilidad de valores climáticos directos, las investigaciones se realizan estudiando paisajes, registros fósiles, distribuciones isotópicas oceánicas y otros datos geofísicos, geológicos y paleobotánicos.

Los factores principales en las condiciones de la Tierra (paleoclimáticas o actuales) son dos: las pequeñas alteraciones orbitales de la Tierra respecto al Sol y la dispersión y deriva de los continentes. Comentemos este último aspecto. *Pangea* es el nombre asignado en 1920 por Alfred Wegener, el geofísico alemán que enunció la teoría de la deriva continental, al supercontinente formado por la unión de todos los continentes actuales.

Seguramente Pangea no fue el primer supercontinente que ha existido. Se sospecha la existencia de un supercontinente, Columbia, entre 1.800 y 1.500 millones años atrás. Los científicos también hablan de Rodinia, otro supercontinente de hace aproximadamente 1.100 millones de años, fraccionado hace 750 millones. Y, tras ello se formó Pangea, hace cerca de 600 millones de años.

Pangea pudo comenzar a fragmentarse entre finales del Triásico y comienzos del Jurásico (hace aproximadamente 200 millones de años) en un tremendo proceso que todavía prosigue y que dio lugar a los continentes actuales. La primera fase de ruptura comenzó con una grieta entre lo que son hoy Norteamérica y África, produciendo un nuevo océano, el Océano Atlántico. La segunda fase importante de la desintegración fue al inicio del cretáceo (hace

150-140 millones de años), cuando una parte del supercontinente se dividió en cuatro continentes más pequeños (África, Suramérica, India y Antártica/Australia). La tercera fase final y principal ocurrió al inicio del cenozoico (Paleoceno-Oligoceno), hace unos 60-55 millones de años: Norteamérica/Groenlandia finalmente se separaron de Eurasia y Australia se separó de la Antártida. Una consecuencia de ello fue que la India comenzó a chocar con Asia hace cerca de 35 millones de años, formándose el Himalaya y que Suramérica comenzó a moverse separándose de la Antártida, lo que permitió la circulación oceánica alrededor de Antártida, causando el rápido enfriamiento de este continente y permitiendo la formación de los glaciares.

PERIODOS CALIENTES • Las investigaciones paleoclimáticas han permitido saber, por ejemplo, que unos 100 millones de años atrás, los árboles del fruto del pan crecían en lugares tan al norte como Groenlandia (55 °N). Pero, en la historia de la Tierra, han existido, al menos, cuatro periodos de calentamiento:

El periodo Cálido del Medioevo, entre los siglos IX y XII, antes del comienzo de la llamada Pequeña Edad de Hielo (siglos XIII al XIX). Las exploraciones marítimas y la colonización por el Atlántico Norte de los antiguos escandinavos a fines del siglo IX avalan que el clima global en esos tiempos era moderado. Los datos provenientes de registros múltiples de testigos de hielo y anillos de árboles confirman esa conclusión.

En cuanto al denominado período Cálido del Holoceno Medio, período aproximado entre 7.000 a 5.000 años atrás, se justifica por los cambios orbitales de la Tierra y dio lugar a un clima más cálido que el presente, pero sólo durante el verano y únicamente en el hemisferio norte.

Respecto al penúltimo período interglaciar, de hace aproximadamente 125.000 años, hemos de señalar que por razones semejantes de cambios en la órbita terrestre que alteran la distribución de radiación solar que recibe el planeta, en ese periodo se produjo un calentamiento del que existen pocos datos precisos pero que originó que las temperaturas (por lo menos las estivales) fuesen ligeramente más cálidas que las actuales (entre 1 a 2 °C).

Por último, vamos a referirnos al gran calentamiento ocurrido en el período Cretáceo Medio, hace aproximadamente 120-90 millones de años

UN GRAN CALENTAMIENTO • Hace más de 100 años la expedición balle-

nera del capitán Larsen, al norte de la península Antártica, encontró los primeros fósiles indicativos de la existencia en aquellos inhóspitos lugares de un cálido pasado habitado. El descubrimiento de fósiles de champsosauros, animales ectodermos muy relacionados con los cocodrilos fue la evidencia más llamativa de ella. Otras muchas observaciones confirmaron el hecho. También se hallaron pruebas de la existencia, temporalmente simultánea, de palmeras en Alaska. Estos y otros muchos datos, como los isotópicos, llevaron a la sorprendente deducción científica, según publicaba la revista SCIENCE en 1998, de que hace unos 100 millones de años en esos lugares la temperatura media veraniega de las aguas era de 20-27 °C y la más fría invernal de sólo -4-0 °C. No había hielo en los polos y los dinosaurios emigraban de un lugar a otro al cambiar las estaciones.

La búsqueda de las causas constituyó un reto científico. Aunque la cantidad de dióxido de carbono atmosférico era muy alta, varias veces superior a la actual, no era suficientemente justificativa. Se fueron proponiendo una gran variedad de teorías para explicar las altas temperaturas en el Cretáceo, relacionándolas con el gas metano o cambios en las corrientes oceánicas. Pero ninguna era convincente.

Pero existe una excelente y plausible explicación que ha sido publicada en la revista SCIENCE. Según sugiere un nuevo modelo, una disminución de la nubosidad pudo haber sido el origen de diversos episodios críticos de efecto invernadero durante ese periodo del Cretáceo medio. Según Lee Kump, profesor de geociencia y autor del estudio, junto a David Pollard: “Nos llamó la atención la incapacidad de los modelos climáticos para reproducir adecuadamente el clima durante los episodios críticos de efecto invernadero del Cretáceo y el Eoceno”.

Pollard y Kump proponen otro escenario diferente señalando que el clima cálido del Cretáceo hizo que disminuyera el crecimiento de organismos que liberan partículas que siembran nubes en la atmósfera, lo que provocó un descenso de la nubosidad y, con ello, más calentamiento.

Para simular estas condiciones han usado un modelo climático comprobando efectivamente que la reducción de la nubosidad conducía de hecho a un calentamiento espectacular tanto en los trópicos como en altas latitudes.

Conclusión: Los estudios paleoclimáticos confirman que nuestro calentamiento global del siglo XX e inicio del XXI no es necesariamente la época más cálida en la historia de la Tierra. Pero la singularidad del calentamiento actual es que es global y que no puede ser explicado por los mismos mecanismos de los forzantes naturales que fueron la causa de anteriores calentamientos.

LOS MANDAMIENTOS CLIMÁTICOS

TRAS LA REUNIÓN CELEBRADA EN VALENCIA POR EL IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) de la ONU y antes de que se consigan lograr los acuerdos para unas recomendaciones sustitutorias de las de Kioto numerosas revistas científicas están dedicando secciones o números especiales a diversos aspectos sobre el tema.

En esta misma sección (y en artículos consultables en el canal **Ciencia y Salud** de laverdad.es) hemos tratado de las diversas teorías y discusiones sobre el posible origen antropogénico del problema. Por ello, en esta ocasión, vamos intentaremos otro enfoque, responder a la pregunta: ¿qué acciones son posibles por parte de los ciudadanos para la reducción de los efectos negativos que produce la actividad humana? Para ello vamos a comentar un listado de posibilidades importantes y asequibles, según los científicos, inspirándonos en lo que recoge la revista *SCIENTIFIC AMERICAN* en uno de los diversos artículos que su último número dedica al clima. Mientras esperamos una concienciación universal sobre el problema todos podemos tomar medidas y hacer cosas para recortar el gasto energético o reducir los gases de efecto invernadero.

ESTRUCTURALES • Es indudable que las medidas estructurales serían las de mayor repercusión pero también las más difíciles de lograr mediante acuerdos internacionales, pues un gran número de países luchan por conseguir mayores cotas de desarrollo y sus ciudadanos aspiran a un bienestar semejante al disfrutado en nuestro primer mundo, donde solemos seguir instalados en nuestro egoísmo.

Todavía hoy el carbón proporciona la mitad de la electricidad mundial, por lo que la reducción de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) se hace imperiosa y una discusión serena sobre las posibilidades de los biocombustibles y la energía nuclear es cada vez más urgente, hasta que se hagan una realidad más cuantitativa las nuevas fuentes de energía basadas en el uso del hidrógeno, aerogeneradores, energía termosolar, energía fotovoltaica, o la soñada y lejana fusión nuclear. A nivel mundial hay que realizar grandes inversiones en investigación y desarrollo sobre éstas y otras alternativas más imaginativas y, en

algunas de ellas, apoyar cambios que ya son factibles, por ejemplo los automóviles mixtos, sistemas más eficientes de climatización de edificios, la mejora de carreteras y autopistas, etc.

Se calcula que el mundo relacionado con la industria de la construcción genera un 40% de los gases invernadero. La producción cementera estadounidense contribuye con más de 60 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono. En este campo sería relativamente sencillo aplicar normativas y mejoras industriales generalizadas en la producción y uso de materiales de construcción, en aislamientos, en eficiencias de acondicionamientos caloríficos, etc.

Cada año miles de millones de metros cuadrados de bosque son deforestados y, finalmente, ello contribuye al lanzamiento atmosférico de más de 1.500 millones de toneladas de dióxido de carbono, es decir, casi la quinta parte de toda la contribución humana al efecto invernadero. La humanidad, si quisiera, podría evitarlo con una mejor gestión de los bosques, prácticas agrícolas, reciclado de papel, consumo responsable de éste, etc.

MODOS DE VIDA. En los países más desarrollados el transporte es la segunda fuente de emisiones de gases de efecto invernadero. ¿Cómo cambiar la situación? Las respuestas son inmediatas: mejoras en transportes públicos (consumen una cuarta parte de energía), menores desplazamientos, mayor cercanía entre domicilios y centros de trabajo, incentivar el caminar, el ciclismo, no favorecer los traslados aéreos a corta y media distancia (la alternativa ideal es el tren ya que los aéreos son una de las fuentes de gases invernadero que crece más rápidamente, y se depositan en el peor lugar de los posibles, la atmósfera superior).

Para intentar mitigar el cambio climático lo más sencillo a nuestro alcance es no sucumbir al consumismo. Consumir menos. Cada vez que consumimos algo que realmente no necesitamos estamos ayudando a la producción de una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Se trata de tener una nueva actitud mental de consumidor en la que, por ejemplo, para un vehículo valoremos su menor consumo, su menor capacidad de contaminación y no el pico de velocidad que puede alcanzar. O que en la compra del supermercado prescindamos de las bolsas y envoltorios inútiles.

Esa mayor eficiencia obligará a multitud de detalles prácticos como ahorrar electricidad o agua inútilmente consumidas en nuestras actividades diarias, sustituir las lámparas incandescentes por las de bajo consumo o nuestros electrodomésticos por otros de mayor rendimiento energético (clase A), conducir sin aceleraciones así como otro largo etcétera que incluye aparentes nimiedades como la de no mantener encendidos los pilotos de nuestros aparatos esté-

reo, ordenadores, videos, televisores, reproductores, cargadores y otros muchos dispositivos cuando no funcionan ya que, frecuentemente, su consumo energético en reposo es muy alto. Un ejemplo, que podría parecer un detalle anecdótico: en Estados Unidos se ha calculado que la sustitución de los cargadores de baterías existentes por otros más eficaces supondría ahorrar anualmente más de mil millones de kw-h, o su equivalente de 100 millones de dólares, con la carga energética que ello supone.

PERSONAL • También nuestro propio modo de vida íntima personal puede repercutir en el problema. Nuestros hábitos alimenticios son un buen ejemplo. La cantidad de energía necesaria para producir carne es elevadísima, pues se requieren grandes cantidades de materiales vegetales para que al final se transformen en un kilo de carne, con las lógicas e inmediatas consecuencias de incremento del efecto invernadero que ello supone. Una persona cuya alimentación sea relativamente rica en productos cárnicos es responsable, sólo por ello, respecto a un casi vegetariano, de una producción adicional anual de 1,5 toneladas de dióxido de carbono. Y todos podemos intentar buscar una alimentación equilibrada, no sólo en su valor nutricional sino también en el ecológico. Además será más sana. Y hemos de reflexionar sobre cada caso en particular: un vegetal de producción orgánica posiblemente no ha utilizado fertilizantes (y su equivalente energético) pero si procede de un lugar lejano los gastos energéticos del transporte pueden anular esa ventaja. Por ello, intentemos consumir productos que no hayan necesitado grandes desplazamientos ni sistemas de producción muy costosos energéticamente.

Y cuando la población actual de la Tierra supera los seis mil seiscientos millones de personas y desbordará los nueve mil millones de personas a mitad de siglo hay que tener en cuenta los cálculos de las Naciones Unidas de que cada ser humano, para ser sostenido, *consume* el equivalente a unos 200.000 metros cuadrados de terreno que le proporcionan la comida, el vestido y recursos que provienen de la Tierra. No se ha determinado bien cuál es la máxima capacidad de la Tierra para albergar sosteniblemente a los seres humanos, pero está claro que hay un límite y que no está lejano. Por ello, las campañas de control de natalidad han de incentivarse, sobre todo en el tercer mundo.

SOL CONTRA LA CRISIS

LOS POLÍTICOS NOS ATOSIGAN DÍA TRAS DÍA repitiéndonos que la responsabilidad de la actual crisis mundial es una consecuencia directa de la crisis energética, con muy altos precios para el petróleo. Por otra parte, si dispusiésemos de más petróleo su uso incrementaría los gases de efecto invernadero y, con ello, el temido y controvertido cambio climático. ¿No hay solución? Parece que sí y que el Sol, aliado a la Química, acudiendo en ayuda de su planeta Tierra podrá tener la clave de una respuesta relativamente cercana y eficaz.

CIFRAS • En el año 2004 la humanidad consumió una energía total de 11.059 millones de tep (1 tep equivale a 1 tonelada de petróleo), por lo que no es disparatado pensar que actualmente las cifras rondan las 15.000 millones de tep anuales que según los analistas mundiales se habrán duplicado en el año 2025 y casi quintuplicado en el año 2100. Pensemos que 1 tep equivale a la energía obtenida por 1615 toneladas de hulla o a 11.630 kw-h o a cerca de 3 toneladas de CO₂ lanzadas a la atmósfera.

No vamos a comentar el problema de la escasez de los combustibles fósiles, ni de sus efectos invernaderos ni los problemas achacados a la energía nuclear. Por otra parte el uso de energías renovables como el viento o las mareas tiene sus límites. ¿Qué nos queda entonces? El Sol.

El Sol produce una enorme cantidad de energía: aproximadamente $1,1 \times 10^{26}$ elevado a 20 kw-h cada segundo y la atmósfera terrestre exterior intercepta aproximadamente la mitad de una billonésima parte de esa energía generada por el sol pero debido a la reflexión, dispersión y absorción producida por los gases de la atmósfera, sólo una parte de esta energía, unos 0.7 trillones de kw, alcanzan la superficie de la tierra cada segundo. Esta energía es la que hace funcionar a la Tierra. Calienta la atmósfera, los océanos y los continentes, produce los vientos, genera el ciclo del agua, permite crecer a las plantas y alimentar a los animales, e incluso (en períodos dilatados de tiempo) permite producir los combustibles fósiles, todo lo cual se traduce finalmente en que los seres vivos existamos y en que funcione nuestro sistema de vida y civilización.

Pues bien, la cantidad total consumida para todas esas actividades es sólo 1/7.000 parte de la energía solar que incide sobre la superficie de la tierra cada año. La energía que alcanza a la Tierra durante una hora sobraría para todo el consumo energético de la humanidad durante un año. Estamos, pues, ante un problema técnico-científico pero de profundas implicaciones sociales, industriales y económicas. Si consiguiésemos capturar esa pequeña proporción de energía solar y transformarla en una forma energética útil tendríamos resueltos los grandes problemas actuales de la humanidad. La aproximación más inmediata sería intentar usar la luz solar para realizar artificialmente fotosíntesis (producción de un reductor como el hidrógeno y de un oxidante como el oxígeno), sin necesidad de vegetales o microorganismos fotosintéticos.

FOTOSÍNTESIS • Hace ya más de 200 años que unos químicos ingleses consiguieron romper el agua (lo mismo que hace la fotosíntesis) usando electricidad, dando lugar a oxígeno y a hidrógeno, utilizando diferentes catalizadores para cada proceso. La parte más difícil e insuperable fue y ha seguido siéndolo, el proceso que transcurre en el ánodo, con la producción de oxígeno, ya que el catalizador necesario, a base de platino es muy caro y escaso.

Desde hace bastantes años este tema es uno de los principales del prestigioso MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), donde el profesor de química Daniel G. Nocera dirige un excelente grupo de investigación dedicado a ello.

La semana pasada, este grupo americano, y otro diferente grupo investigador australiano liderado por Bjorn Winther-Jensen, han publicado sendos artículos en la revista SCIENCE que muchos importantes analistas científicos del mundo consideran pueden constituir el inicio de la solución de los problemas energéticos mundiales, logrando obtener de un modo razonablemente sencillo hidrógeno y oxígeno a partir del agua.

Los investigadores australianos han desarrollado un electrodo a base de un polímero conductor cultivado en una membrana Goretex. La elevada superficie de esta membrana porosa permite la reducción de oxígeno a tasas comparables a aquéllas de los carísimos electrodos de platino. Y, a diferencia de éstos, los electrodos orgánicos no reducen su velocidad por la presencia de monóxido de carbono, el cual puede ser un contaminante en algunas aplicaciones.

En cuanto a la última investigación realizada por los americanos Nocera y Kanan, la mayor novedad ha sido la de utilizar materiales inorgánicos asequibles para desarrollar un catalizador que dirige la reacción hacia la oxidación del agua para producir gas oxígeno. En

este sistema, los iones de cobalto se reducen sobre un electrodo de óxido de indio-estaño en la presencia de un amortiguador de fosfato de potasio, con la característica de que todos los materiales usados son abundantes y asequibles. Cuando la electricidad (de una célula fotovoltaica, un aerogenerador o cualquier otra fuente) pasa por el electrodo el cobalto y fosfato forman una capa delgada sobre electrodo y se produce el gas oxígeno. Combinado con otros catalizadores se produce el hidrógeno y el sistema puede llegar a duplicar la reacción de ruptura del agua que ocurre durante la fotosíntesis.

La investigación se ha realizado en el contexto del Solar Revolution Project, financiado con fondos gubernamentales, de la industria y de una fundación privada (Chesonis Family Foundation).

PERSPECTIVAS • Ernest Moniz director del MIT ha destacado que el descubrimiento demuestra el gran papel de la ciencia básica en el logro de la necesaria sustitución de nuestro actual sistema energético por otro basado en las energías renovables.

Otro hecho a destacar es que, hasta ahora, uno de los mayores problemas del aprovechamiento de la energía solar era el de su almacenamiento, poder guardarla para utilizarla cuando no hay luz solar, ya que los sistemas de almacenado actuales (acumuladores) son poco eficientes y económicamente prohibitivos. Con la nueva metodología, utilizando materiales naturales y no tóxicos, ya hay solución: la energía se puede guardar el tiempo que se desee en forma de oxígeno e hidrógeno, que serán los que nos proporcionen la energía en el momento que la necesitemos a través de las correspondientes células de combustible.

Para un gran experto en fotosíntesis, James Barber, los hallazgos representan un paso de gigante hacia la meta de generar a escala masiva una energía limpia y no contaminante, Y, según declaraciones del profesor Nocera “Esto es sólo el principio y espero que en el plazo de diez años todas las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar funcionen de modo que una buena parte de nuestros hogares sean como centrales energéticas autónomas que tengan sus células fotovoltaicas para su uso durante el día y que el exceso de energía lo reconviertan en hidrógeno y oxígeno para obtener la energía nocturna. Los tendidos eléctricos de cables para el suministro eléctrico será una cosa del pasado”. ¿Un sueño? Deseemos y confieemos en que sea una realidad.

EL SOL SALVADOR

LA DIVINIZACIÓN DEL SOL HA SIDO UNA CONSTANTE HISTÓRICA DE LA HUMANIDAD. La más antigua narración escrita conocida de la historia, de origen sumerio, datada hacia la primera mitad del II milenio a.C., el POEMA GILGAMESH, contempla la idea del dios-sol Shamash, a quien Gilgameesh pide ayuda cuando, en el inicio del relato, prepara la aventura en el bosque con su amigo Enkidu.

Cuatro milenios después, ahora, cuando la humanidad se encuentra en una delicada encrucijada energética y medioambiental y preocupa el futuro de la Tierra, muchos hombres, esta vez no ignorantes, sino sabios científicos y grandes industriales, buscan ayuda en el Sol, esperando que pueda ser el salvador de la situación planteada.

DATOS • La producción de energía del sol requiere la combustión o conversión de su masa en energía al ritmo de 4.2×10^6 toneladas por segundo. Como la masa total del sol es de 22×10^{26} toneladas, ello significa que el astro puede continuar irradiando energía durante miles de millones de años más.

La energía solar que recibe anualmente la tierra supone $1,5 \times 10^{18}$ kw-h, unas 50 veces más que toda la energía disponible de las reservas conocidas de combustibles fósiles y unas 10.000 veces el consumo mundial anual de energía por las actividades humanas es decir, que éstas sólo representan la centésima parte del 1% de la energía recibida. O, lo que es igual, la energía solar que llega a la tierra en una hora iguala a la consumida por la actividad humana en un año. Por ello, la radiación solar constituye una inagotable fuente energética, existiendo un enorme potencial para su mejor aprovechamiento a través de sistemas de captación y conversión en otras formas de energía (térmica, eléctrica, etc.) ¿Estamos técnicamente preparados para ello? Cada vez son más los entendidos que tienden a contestar afirmativamente.

El miedo del hombre por quedarse sin la energía del sol se ha plasmado en todas las religiones, como en una escultura escandinava de la Edad de Bronce en la que el Sol es trasladado por los cielos arrastrado por un caballo. Ya existen testimonios chinos del año 672 a.C., sobre pequeños espejos para conseguir que la luz solar produjese fuego al dirigirla a un combusti-

ble. El uso de la energía solar se concretó en Grecia, hacia el s.V a.C., con el ideal socrático de orientar las casas para aprovechar el calor solar en invierno. Y, en la Edad Media, la construcción de reflectores parabólicos solares para usar la energía para calentar fue una obsesión para Leonardo da Vinci, aunque el pionero de la tecnología solar fue el matemático francés Agustín Mouchot, en la segunda mitad del s. XIX, quien construyó la primera máquina alimentada por energía solar y obtuvo electricidad por el efecto fotoeléctrico. El inicio del siglo XX supuso la incorporación de los esfuerzos tecnológicos americanos a los que se sumaron, a mitad de siglo, Israel y varios países europeos, constituyendo la más importante aportación de los últimos tiempos la de Australia donde están en marcha varios ambiciosos proyectos solares no fotovoltaicos de obtención de electricidad.

AMÉRICA • La producción de energía eléctrica en el mundo produce un 40% de la contribución global al efecto invernadero mientras que la termosolar o la fotovoltaica no son contaminantes.

En el despejado desierto californiano de Mojave se han instalado grandes espejos parabólicos que concentran energía solar calentando aceites especiales a temperaturas superiores a los 400 °C, consiguiendo que su calor vaporice agua que es conducida a una turbina donde produce electricidad. Actualmente 9 de esos espejos producen 350 megavatios anuales de electricidad, pero la empresa Ausra y sus socios industriales acaban de presentar otra propuesta más ambiciosa, basada en una tecnología que tuvo su origen en el siglo XIX con las lentes del científico francés Fresnel.

Con una moderna tecnología de reflectores lineales Fresnel, no parabólicos, sin necesidad de aceites intermedios, se calienta directamente el agua a 280 °C y 50 atmósferas de presión, adosándola a equipos de turbinas semejantes a los existentes en las plantas nucleares. Con ello es factible escalar desde las actuales plantas termosolares, de 80 megavatios, hasta plantas de más de 700 megavatios, con la idea de poder suministrar prácticamente toda la energía consumida en los Estados Unidos (más del 90%), a través de la generación de 50 millones de megavatios de electricidad a lo largo de un periodo de 20 años, con un costo calculado de producción de 10 centavos de dólar el kw-h, competitivo respecto a los sistemas actuales y más barato en el futuro que las otras alternativas. Hasta tanto, una empresa asociada ha iniciado las instalaciones para obtener 1.000 megavatios en los próximos cinco años, con lo que el esfuerzo, por sí solo, puede igualar a todos los paneles fotovoltaicos distribuidos por todo el mundo en

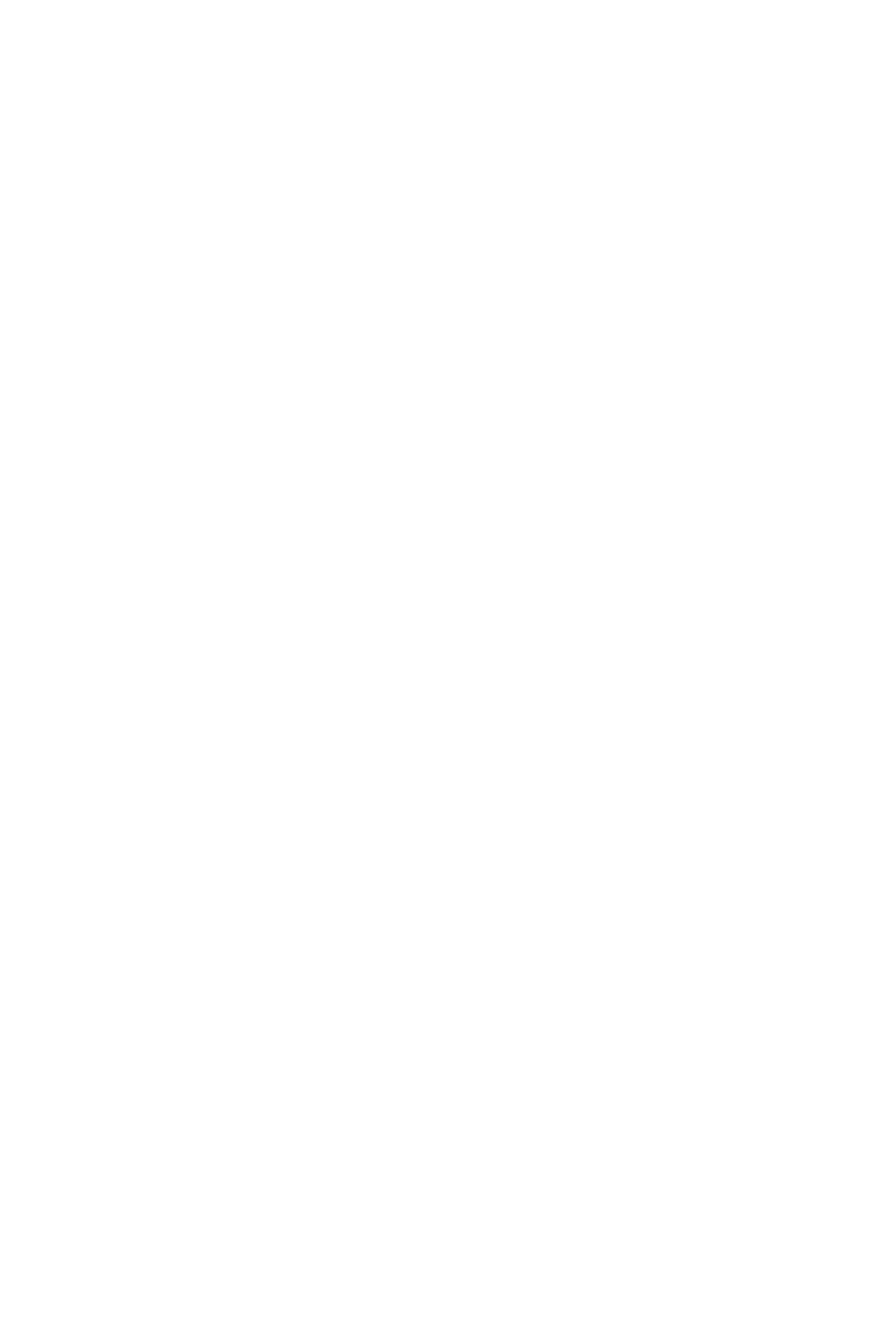
el año 2006. Se calcula que el éxito de la empresa significaría dejar de emitir a la atmósfera más de 73 millones de toneladas de dióxido de carbono en los próximos 20 años.

ESPAÑA • En nuestro país el grupo de empresas Abengoa viene liderando las iniciativas europeas más ambiciosas de conversión de energía solar en eléctrica: Este mismo año 2007, en Sanlúcar de la Mayor (Sevilla), se ha inaugurado la Plataforma termosolar 10 (PS10), con 11 megavatios de potencia y 624 heliostatos de 120 metros cuadrados cada uno y una torre de 115 metros de altura. Los heliostatos se mueven de forma automática en función del sol y la energía se concentra en un receptor de la parte superior de la torre, para producir vapor de agua, que se turbinan para obtener suficiente energía eléctrica para 6.000 hogares, evitando la emisión de 18.000 toneladas de CO₂ anuales. La PS10 ha sido la primera central de energía solar termoelectrica, con tecnología de torre, que opera de forma comercial.

Las otras siete centrales de la plataforma solar de Sanlúcar serán también termoelectricas y se construirán durante los próximos seis años hasta convertirse en un macroproyecto de distintas tecnologías con centrales termoelectricas de torre, colectores cilindro-parabólicas, discos Stirling, y fotovoltaica de alta y baja concentración. Estará a pleno rendimiento en el 2013, con 300 megavatios de potencia, produciendo energía suficiente para abastecer a 180.000 hogares (los existentes actualmente en Sevilla), evitando la emisión de más de 600.000 toneladas métricas de CO₂ a la atmósfera.

La PS10 se ha sumado a la preexistente Sevilla PV, una planta fotovoltaica con sistema de baja concentración, de 1,2 megavatios de potencia, con 154 heliostatos compuestos de placas de silicio que producen electricidad al recibir la radiación solar. Con ello evita la emisión a la atmósfera de 1.800 toneladas de CO₂ anuales. La central solar fotovoltaica más potente del mundo es la de Pocking, en Alemania, que tiene 10 MW de energía.

La electricidad obtenida en Sanlúcar se venderá en la red a 0,22 euros/kw-h, aunque una plataforma solar de este tamaño sólo es rentable ahora mismo gracias a las subvenciones.





TUNGUSKA: UN SIGLO DE ENIGMAS

OCURRIÓ HACE ALREDEDOR DE UN SIGLO. Exactamente, a las 7:17 a.m. del 30 de junio de 1908. Tuvo lugar en una remota zona siberiana despoblada, donde fluyen los ríos Podkamenaya Tunguska y Nizhniaya Tunguska. La terrible explosión liberó una energía equivalente a unas 200 veces la bomba atómica de Hiroshima. Su efecto se detectó en lugares tan lejanos como San Francisco, en América. ¿Qué sucedió?

SILENCIO • Durante mucho tiempo el silencio fue la consigna. Bastantes años después, un testigo presencial, situado a 64 km. de distancia, S. Semenov, lo describió así: “A la hora del desayuno, yo estaba sentado... De repente, vi, que, directamente al norte, sobre la ruta Onkoul de Tunguska, el cielo se abrió en dos partes y apareció fuego, muy alto y muy ancho, sobre todo el bosque. La grieta en el cielo se hizo más grande, y toda la parte norte se cubrió de fuego. De golpe sentí tanto calor que se me hizo insoportable, ...pero entonces los cielos se cerraron y se escuchó una fuerte explosión. Fui arrojado a varios metros de distancia. Perdí el sentido por unos instantes, pero entonces mi mujer salió y me llevó a la casa. Luego de eso se oyó un ruido, ...La tierra tembló, y ...cuando el cielo se abrió, un viento ardiente pasó entre las casas... destruyendo los sembrados...”. Por cierto, una pregunta se nos viene a la mente: ¿qué hubiese sucedido si el acontecimiento hubiese ocurrido en plena Guerra fría? ¿Cuál hubiese sido la respuesta soviética ante lo que hubiera parecido ser un ataque atómico americano?

Pero en la Rusia convulsionada de principios de siglo XX la catástrofe pasó prácticamente inadvertida y sus causas no se investigaron. Los lugareños, años después, se mostraban reacios a contar nada sobre el conocido como evento de Tunguska. Estaban convencidos de que la explosión había sido una visita airada del dios Ogdy, quien maldijo la zona derribando árboles y matando animales. Y al gobierno zarista no le contrariaba que sus súbditos pensarán que se trataba de una posible advertencia divina ante el clima creciente existente de descontento popular. Lo cierto es que, poco tiempo tras ocurrir el hecho pareció olvidarse su existencia hasta que los científicos, en búsqueda de una explicación, lo volvieron a sacar a la luz.

Fue 19 años después, en 1921, cuando Leonid Kulik, conservador de la colección de meteoritos del Museo de San Petersburgo, decidió realizar una expedición a Tunguska, pero las duras condiciones siberianas le impidieron llegar. Otro intento de Kulik, 6 años más tarde, consiguió alcanzar la meta, hablando con habitantes de la zona y haciendo un examen científico de la gran extensión afectada. Antes de su fallecimiento, acaecido en la batalla de defensa de Moscú, en la Segunda Guerra Mundial, aún pudo realizar Kulik otra expedición y, sobre todo, posibilitó que numerosos científicos se interesaran por el tema.

HECHOS • Según Don Yeomans, director de la *Oficina de Objetos Cercanos a la Tierra* (NEO, por sus siglas en inglés), del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, el estudio científico minucioso realizado hasta hoy conduce a unas conclusiones coherentes con lo siguiente: una roca espacial muy grande, un asteroide, de aproximadamente 37 metros de diámetro y 110.000 toneladas, hizo su entrada a la atmósfera de la Tierra viajando a una velocidad de alrededor de 60.000 kilómetros por hora, calentando el aire a su alrededor a temperaturas de 25.000 grados Celsius. Al acercarse a 8.500 metros de la nevada superficie siberiana, la combinación de presión y calor provocó que el asteroide se fragmentara, explotara en el aire y se destruyera, produciendo una gran bola de fuego, con la consecuencia de que aproximadamente 2.100 kilómetros cuadrados de bosque quedaron partidos en dos.

Ochenta millones de árboles fueron destruidos a ambos lados, con un patrón radial, sirviendo de marcadores, ya que señalaban la dirección directamente opuesta al epicentro de la explosión. Según Yeomans, "...cuando el equipo llegó al lugar del epicentro, descubrió que los árboles estaban de pie, pero con sus ramas y sus cortezas completamente removidas. Parecía un bosque de postes de teléfono". Ello se debe a que las ondas de expansión de rápido movimiento originadas en la explosión aérea son capaces de romper las ramas de un árbol antes de que éstas puedan transferir el impulso del impacto al tronco. Es curioso que 37 años después de la explosión de Tunguska, también se encontraran árboles sin ramas en Hiroshima.

Tras la explosión, se formaron enormes nubes densas a grandes altitudes, las cuales reflejaban la luz solar desde detrás del horizonte, haciendo brillar el cielo por la noche. Efectivamente existen informes de personas que vivían en lugares tan lejanos como Asia, afirmando que la luz les permitía leer el periódico en la medianoche.

INCÓGNITAS • La teoría oficial científica del meteorito como causante del evento de Tunguska se ha vistoazonada por otras propuestas más o menos fantásticas. He aquí algunas: impacto de una nave extraterrestre u OVNI; consecuencias de un experimento de Tesla; colisión con un pequeño agujero negro errante; una bomba de hidrógeno natural; una inmensa e imposible tormenta magnética; una colisión de materia con antimateria, etc.

Más serias y científicas son multitud de investigaciones que se han venido realizando últimamente. El año pasado una expedición italiana señaló que el cráter del lago Cheko, a 5 Km del epicentro, debió producirse como consecuencia del hecho. Sin embargo, otros grupos científicos no consideran los argumentos aportados como convincentes, mientras que otras diferentes investigaciones indican que la explosión de Tunguska produjo importantes reducciones del ozono atmosférico que persistieron hasta el año 1912.

Con motivo del centenario del acontecimiento, revistas científicas como SCIENCE o SCIENTIFIC AMERICAN han acogido diversos estudios sobre ese acontecimiento u otros dos, menos conocidos, pero también relacionados. El día 6 de junio de 2002 tuvo lugar el evento del Mediterráneo Oriental, una explosión aérea de alta potencia, similar a la de una pequeña bomba atómica, habida sobre el mar Mediterráneo (entre Libia, Grecia y Creta). La causa se atribuyó a un objeto celeste no detectado, durante su aproximación a la Tierra. El objeto se desintegró y no se recuperaron sus fragmentos. El evento de Vitim o de Bodaybo ocurrió el 25 de septiembre de 2002 en una taiga próxima al río Vitim, cerca de Bodaibo, en Siberia. En contraste con Tunguska, se encontraron importantes cantidades de radiación residual e isótopos radiactivos y se observaron auroras boreales y enfermedades asociadas a la radiación. Aunque las autoridades rusas sospecharon del posible origen nuclear del hecho, se piensa que se trató del núcleo de un cometa de unos 70 metros de diámetro, compuesto de metales pesados que entraron en fisión al penetrar en la atmósfera terrestre. Tampoco este objeto fue detectado durante su aproximación a la Tierra.

Como es bien sabido actualmente el programa NEO de la NASA intenta la detección y control de los asteroides y meteoritos que se puedan acercar a la Tierra.

¿QUÉ SUCEDE CON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

LOS HUMANOS NOS ENFRENTAMOS CON LA CRISIS ENERGÉTICA (el petróleo sube de precio y sus reservas van disminuyendo), el efecto invernadero (el uso de los combustibles fósiles es un factor coadyuvante importante) y las necesidades crecientes de recursos energéticos para satisfacer las demandas de desarrollo y el despegue de los nuevos países. Un síntoma de la sensibilidad al respecto es que la empresa Volvo tenga en marcha un programa con sus camiones en el que utilizan 7 tipos de biocombustibles: biodiesel, biogás, una mezcla de biodiesel y biogás, éter dimetilado, etanol con metanol, diesel sintético y una mezcla de biogás con gas de hidrógeno. Es decir, procedentes de materias primas renovables.

BIOCOMBUSTIBLES • Muchas personas presentan a los biocombustibles como la mejor solución, pero otros aducen que la nueva tecnología es la responsable principal de la escalada mundial de precios de muchos alimentos y del hambre que empieza a adueñarse de importantes regiones de nuestro planeta. Y, con motivo de la celebración de la Convención Mundial sobre Biocombustibles, en Sevilla, Josep Borrell, presidente del Comité de Desarrollo del Parlamento Europeo, afirmaba que la producción actual mundial de biocombustibles supone sólo un 3% de la demanda mundial de cereales y no es responsable de hechos como que, en cuatro meses, el precio mundial del arroz se haya incrementado en un 76%.

¿Qué es un biocombustible? Es un combustible obtenido de biomasa, es decir, de organismos recientemente vivos (como plantas) o sus desechos metabólicos (como estiércol). Son variadas las ventajas de los biocombustibles: 1. Al tratarse de un recurso renovable serían ilimitados; 2. Son menos nocivos ambientalmente presentando un buen balance de CO₂; 3. Son menos contaminantes al carecer de componentes como los azufrados de los combustibles fósiles; 4. A los precios actuales del petróleo aumenta su competitividad; 5. Su aplicación a los vehículos de transporte es sencilla y menos costosa que la alternativa del hidrógeno; 6. Con el uso de políticas adecuadas pueden generar empleo y desarrollo en el sector agrario.

Los biocombustibles se pueden dividir en tres grandes clases:

– Sólidos (la biomasa tradicional es utilizada en países subdesarrollados, principalmente

en zonas rurales. Aunque neutra en emisiones de CO₂ tiene elevados costos ambientales, sanitarios y económicos. Respecto a biomasa para generar electricidad, el sistema se usa en países industrializados con elevados recursos forestales, utilizando la madera para generar electricidad).

- Biogas (producido en la fermentación de residuos de vertederos u otros).

- Líquidos (biodiesel y bioalcohol/etanol). Actualmente proporcionan la energía equivalente a 20 millones de toneladas de petróleo (lo que equivale al 1% del combustible utilizado mundialmente para transporte por carretera). El etanol puede ser utilizado en motores que utilizan gasolina, mientras que el biodiesel puede ser utilizado en motores que utilizan gasoil.

El biodiesel se está produciendo generalmente mediante la transesterificación de los triglicéridos o grasas presentes en los aceites vegetales de semillas (o en grasas animales), en un proceso en el que un alcohol de bajo peso molecular (metanol o etanol) desplaza a la glicerina. La mezcla de ésteres así resultante posee unas propiedades físico-químicas similares a las del diésel procedente de petróleo. En España la primera planta piloto se construyó en Euskadi, a partir de aceite de girasol, y la segunda en Cataluña, utilizando aceites de freiduría usados

Los biocombustibles más utilizados actualmente en el mundo se basan en el etanol que puede ser el producto final de la transformación biológica de una gran variedad de materiales vegetales, incluyendo almidones, carbohidratos y aceites. Aunque la conversión de biomasa a etanol y la combustión de éste producen emisiones, la fotosíntesis previa necesaria hace que el efecto global sea la de un balance de CO₂ muy poco negativo.

ESTADÍSTICAS • La producción de biocombustibles se incrementa rápidamente en todo el mundo. La europea de biodiesel se ha quintuplicado en los últimos 4 años y en el año 2007 superó los 10 millones de toneladas métricas. En España se alcanzó el medio millón de toneladas. La legislación europea ha llevado los límites de contenido de azufre en los combustibles a niveles muy bajos, 50 ppm, lo que provoca que pierdan capacidad lubricante, pero la incorporación del 5% de biodiesel en el gasoil podrá elevar esa capacidad de lubricación. Por ello, la Unión Europea pretende que en el año 2010 el biodiesel represente un porcentaje del 5.7% del diésel mientras que en Estados Unidos se piensa reemplazar el 20% de su consumo de petróleo en diez años, utilizando etanol. Brasil pionero en la utilización de biocombustible ya tiene excedentes de etanol, producido a partir de la caña de azúcar.

Pero la producción de biocombustibles aún resulta más cara que la de combustibles

fósiles, incluso con el fuerte incremento en los precios del petróleo. Por ello, los países que promueven un desarrollo de la producción sustancial de biocombustibles se han apoyado en una combinación de discutibles medidas fiscales, medidas de sostenimiento de precios y objetivos de uso obligatorio. ¿Existen otras perspectivas?

PERSPECTIVAS • Un punto previo sería el de la filosofía global de la cuestión, el del respeto al medio ambiente que suponen los biocombustibles. Pero, a veces, ello no es tan claro. Si lo está (en el caso de biodiesel) que la soja produce tres veces la energía que se consume desde la siembra hasta el producto final. Pero en el caso del bioetanol obtenido del maíz, algunos autores llegan a sostener que el balance de energía global del maíz es negativo ya que el etanol basado en maíz “podría rendir una energía total menor que la energía necesaria para producir el maíz, extraerle el alcohol y purificarlo”.

De entre todas las variadas e interesantes posibilidades científicas que están abiertas sólo mencionaremos una de gran interés. Se trata de producir biocombustibles no desde componentes vegetales relativamente caros y comestibles, como las semillas de cereales o el almidón y/o azúcar de las plantas, sino a partir de los hasta ahora inmensos e inútiles residuos de celulosa, es decir realizar la conversión biológica desde celulosa (maderas, papeles, restos vegetales) hasta el etanol. Un dato: la paja de arroz por sí sola representa un 50% de la biomasa agronómica mundial.

Desde el año 2006 se vienen realizando investigaciones industriales a gran escala, principalmente en Estados Unidos y Canadá. Las dificultades principales son el alto costo de los reactores microbianos necesarios para la producción de celulasas (que rompen la celulosas) y, más importante aún, los grandes costos de pretratamiento del material lignocelulósico para romperlo hasta intermedios y eliminar la lignina a fin de que las celulasas puedan acceder y actuar sobre la celulosa. La ciencia, la biología molecular, se han puesto en marcha para resolver el problema y los avances conseguidos son enormes basados en la ingeniería genética sobre plantas, con modificaciones para que auto-produzcan las precisas enzimas celulasas y hemicelulasas, supriman las enzimas formadoras de lignina, aumenten la biomasa usable, o, incluso, consigan que el producto final sea el alcohol butanol, que presenta varias ventajas operativas sobre el etanol. Confíemos, pues, en la ciencia.

ENERGÍA SOLAR SIN SOL

INMERSOS COMO ESTAMOS EN PLENA CRISIS AMBIENTAL Y ENERGÉTICA el uso de energías renovables fácilmente disponibles se convierte en un imperativo. La energía solar es la más fácilmente disponible y los paneles solares para calentamiento del agua doméstica no deberían constituir una excepción en nuestros hogares, sino la regla general. Los paneles solares pueden alcanzar rendimientos altos y su principal limitación es la de que no operan bien en ausencia de la energía solar. Hoy nos vamos a referir a otras dos recientes posibilidades interesantes, una de ellas aún no explotada comercialmente, en las que se alcanzan rendimientos superiores y se elimina la limitación de la presencia de la radiación solar. Se trata, respectivamente, de los paneles termodinámicos y de los paneles híbridos solares-termodinámicos.

PANEL TERMODINÁMICO • Al Norte de Portugal, en un pequeño pueblo lindante con Galicia, Póvoa de Varzim, basada en tecnología hispano-portuguesa, se encuentra la que, por ahora, es la única fábrica del mundo que produce paneles termodinámicos, capaces de funcionar incluso de noche o con lluvia. Su éxito ha sido grande y la distribución de sus productos, a través de la empresa gallega SolarPST, se incrementa con un ritmo de más del 30% anual y se extiende por muchos países. El rendimiento conseguido por sus paneles termodinámicos es muy alto y la relación entre energía conseguida (para calentar agua, por ejemplo) y energía consumida (eléctrica, de apoyo) supera ampliamente la cifra de 5/1.

¿Dónde radica el aparente milagro? Las leyes termodinámicas se cumplen siempre. No se puede obtener energía de la nada. Lo que sucede es que la energía se capta del ambiente y lo interesante es que esa energía no tiene por qué ser radiación luminosa solar sino simplemente energía del medio ambiente que para ser captada, según la Física, su único requerimiento es que proceda de un lugar que tenga una temperatura superior a la de donde es dirigida.

La solución para el desarrollo de los paneles termodinámicos fue la de combinar dos tecnologías incompletas: la de la bomba de calor y la del panel solar. Para conseguirlo se usan unos paneles solares especiales donde el fluido de trabajo (R134-A, semejante al utilizado en los aparatos de aire acondicionado o en los frigoríficos modernos), fluye por los tubos, en

forma líquida, a una temperatura de entre -5 y -15 °C. Los paneles captan la radiación solar durante las horas de sol o absorben la temperatura del ambiente o la de la lluvia o el viento durante día y noche haciendo las veces del evaporador mecánico de la bomba de calor. Usando el ambiente como foco caliente esa energía captada provoca que el fluido refrigerante se gasifique y se evapore, siendo enviado a un bloque termodinámico.

Mediante el uso de un compresor de bajo consumo, alimentado con energía eléctrica, se consigue mediante presión, elevar la temperatura del fluido a temperaturas situadas entre 110 °C y 120 °C mientras que la energía almacenada por el fluido es transmitida a un circuito del agua mediante un intercambiador de temperatura. Una vez conseguida la transferencia de energía el ciclo puede volver a comenzar tras la dilatación y enfriamiento del fluido refrigerante. En términos prácticos ello hace que con un consumo de unos 350 vatios, semejante al de un frigorífico doméstico de 250 litros, se pueda calentar y utilizar el agua caliente (a unos 50 °C) de un depósito de 250 litros.

CARACTERÍSTICAS • Entre las ventajas del sistema se podrían enumerar las siguientes: gran versatilidad respecto a la colocación de los paneles (lugar, orientación e inclinación de los mismos) que puede ser incluso interior; pequeño peso, unos 8 Kg. por panel; sin sobrecalentamientos; funcionamiento continuo, siempre que la temperatura externa supere los -5 °C; posibilidad de adaptación a sistemas centrales de calefacción, preferentemente con suelos radiantes, radiadores de aluminio y convectores; calentamiento de piscinas, etc.

Y he aquí algunos inconvenientes existentes y que en el futuro podrían ir resolviéndose: costo algo elevado, unos 2.000 euros (sin contar posibles subvenciones) por equipo de 250 litros de agua; ciertas limitaciones en sistemas de calefacción, derivadas de que la temperatura del agua no supera los 55 °C; limitaciones para su uso en sistemas de aire acondicionado en verano, etc.

Algunas de las instalaciones que han tenido más eco han sido el de las duchas de la playa de Riazor, en La Coruña, que funcionan con agua caliente procedente de los paneles termodinámicos, mandados a instalar por el Ayuntamiento, con lo que los bañistas tienen menos pereza en meterse en las frías aguas coruñesas. O el de un convento de clausura de Fátima, donde la madre superiora contaba a los medios que no se creía el milagro del calor en los suelos de su vetusto convento, tras los años, obligadas por sus votos, a no llevar calcetines y usar sandalias, incluso en pleno invierno. O el de toda el agua caliente de un hospital coruñés.

HÍBRIDO • El año 2007 un grupo de inventores españoles patentó a nivel mundial una idea simple (PCT/ES2007/000116) pero que podría ser de mayor eficacia energética y reunir las ventajas del sistema clásico de paneles solares con el de los paneles termodinámicos, a través de un panel híbrido formado por una asociación de ambos. Con ello la captación de energía externa se realiza a la vez, tanto a través del panel solar (sobre todo en las horas de sol) como a través del panel termodinámico consiguiéndose unos altísimos rendimientos energéticos (superiores al 90%), no logrados hasta ahora por ningún otro medio y unas altísimas relaciones entre energía consumida y energía acumulada.

Otra ventaja adicional sería la posibilidad de diferenciar el funcionamiento de ambos equipos de forma independiente, con las ventajas obvias que eso conllevaría.

En todo caso el papel de las Administraciones públicas, en la actual situación energética mundial, debería ser la de incentivar la puesta en marcha de alternativas energéticas como las que hoy comentamos y otras muchas que están en marcha, para lograr su implantación competitiva comercial permitiendo que la humanidad se desligue un poco de su alta dependencia energética del petróleo y de las consecuencias negativas ambientales que supone su alto consumo.

ELECTRICIDAD DE MICROBIOS

LA VIDA CONSISTE EN MULTITUD DE TRANSFORMACIONES METABÓLICAS reguladas y el metabolismo energético en los seres vivos se basa en procesos de oxidación-reducción. Por ejemplo, en los seres superiores como los humanos la energía química que necesitamos para vivir y movernos la obtenemos de la oxidación de los alimentos con el oxígeno, un proceso en el que participan cadenas transportadoras de electrones, es decir flujos de electrones que llegan hasta el oxígeno y los aniones de oxígeno resultantes se combinan con protones formando agua.

En los organismos que son anaerobios y viven en ausencia de oxígeno el aceptor final del flujo electrónico es otra sustancia en lugar del oxígeno. Hipersensibilizados por los problemas energéticos de la humanidad una pregunta inmediata que nos podemos hacer es la de si podríamos utilizar prácticamente esos flujos electrónicos para obtener de forma práctica alguna energía eléctrica.

CCM • Durante décadas los científicos han estado estudiando en el laboratorio las posibilidades de las células de combustible microbianas (CCM). Los problemas a resolver son muy variados y van desde la disposición física de las bacterias, la clase de alimentación bacteriana a la captura de los electrones y otro largo etcétera.

Peter Girguis es un profesor de Biología Organísmica y Evolutiva de la Universidad de Harvard que preocupado por la cuestión ha analizado todos los precedentes conocidos hasta la fecha y ha buscado y, parece ser que ha encontrado, un diseño funcional y económico basado en la utilización de células de combustible con un contenido básico de microbios anaerobios.

Hay muchos tipos de reactores CCM. Sin embargo, todos han de poseer un par de terminales al igual que sucede en las baterías: un ánodo y un cátodo. Como las bacterias emplean el ánodo en su metabolismo, se posicionan estratégicamente en la superficie anódica y allí forman una comunidad en forma de biofilme, biopelícula o biocapa, siendo capaz de actuar la propia matriz bacteriana como un conductor.

Antes hemos indicado que los receptores de las cadenas electrónicas anaerobias suelen ser

moléculas o átomos. Por ejemplo el azufre, que se convertiría en sulfuro. En el caso de los reactores CCM anaerobios los electrones producidos pueden ser captados por un electrodo en lugar de por sustancias y ello da lugar a la creación de una pequeña corriente eléctrica.

En concreto el prototipo de CCM que ha fabricado Girguis tiene el tamaño aproximado de una baraja de cartas y en el mismo la electricidad fluye desde el electrodo a la placa, y de ahí hacia el exterior a través de una de las dos tomas de corriente existentes en el lado opuesto. Una de esas tomas puede proporcionar energía para dispositivos como las bombillas de tipo LED (de muy bajo consumo), mientras que el otro sirve como cargador para un teléfono móvil.

VENTAJAS • Aunque la tecnología CCM sólo está en sus inicios hay características de la misma que la hacen aparecer, dentro de sus límites, como muy prometedora:

Lo que consumen las bacterias es basura, abono u otros desechos. Puede emplearse cualquier tipo de desecho, como aguas residuales o estiércol de cerdo.

Al no quemar combustibles fósiles, generan energía y no producen ningún efecto invernadero ni impacto negativo sobre el clima.

Las bacterias tienen una diversidad tan rica que se pueden encontrar variedades que sean capaces de alimentarse de casi cualquier desecho. Al unir el metabolismo bacteriano directamente con la producción de electricidad, las CCM eliminan los pasos extra que son necesarios en otras tecnologías de células de combustible.

A diferencia de las células de combustible convencionales que dependen de gas hidrógeno como combustible, las CCM pueden operar con combustibles diversos orgánicos disueltos en el agua.

Para operar de modo apropiado las CCM no necesitan materiales de calidad superior, bastándoles materiales baratos, lo que disminuye significativamente su costo, en torno a unos pocos dólares.

Globalmente se puede considerar como un sistema nuevo, económico y revolucionario para la producción limitada de energía eléctrica.

Podría tener aplicabilidad para consumos bajos: un alumbrado funcional; para recargar las baterías de dispositivos como, por ejemplo, los teléfonos móviles, un medio de comunicación de creciente importancia en las zonas de nuestro planeta donde no existen infraestructuras de telefonía fija.

PROBLEMAS • Como es lógico, antes de soñar con un desarrollo masivo práctico de esta tecnología, habría que resolver un largo listado de problemas:

Por ahora los rendimientos de producción son bajos y no se puede soñar en que pudieran sustituir a las actuales redes de distribución de energía, pero si podrían proporcionar energía en cantidades modestas pero cruciales en las zonas donde no es factible obtenerla ni siquiera por otros métodos más caros.

A este respecto el propio Girguis ha insistido en que “En la Tierra hay 2.800 millones de personas sin electricidad que están reclamando disponer de ella y la mayoría de esas personas necesitan la electricidad para la iluminación y las telecomunicaciones”.

Antes de su comercialización es necesario continuar las investigaciones sobre las CCM para ver la diferencia en el rendimiento de las distintas tierras y sedimentos que sirven de sustrato para su construcción y qué sucede exactamente cuando la tierra se enriquece con la materia orgánica. Aunque Girguis ha desarrollado varias células de combustible diferentes, la realidad es que todavía no ha empezado a producir las comercialmente.

Tiene interés saber que Iqbal Z. Quadir es un profesor de la John F. Kennedy School of Government de la Harvard University especializado en el impacto de las tecnologías en la política y economía de los países en desarrollo. Buscando una traducción práctica de sus enseñanzas, hace unos años fundó la GrameenPhone Ltd., con la intención de llevar las ventajas de la telefonía móvil a zonas de subdesarrollo como Bangladesh. Actualmente, con otros asociados, la suya es la mayor empresa telefónica de Bangladesh con ingresos de centenares de millones de dólares y servicios en más de 70.000 aldeas rurales y 30 millones de personas.

Pues bien, Iqbal Quadir tiene previsto que participará en la distribución de las células de combustible microbianas de Girguis, como parte de las actividades de una nueva empresa de generación de energía que está impulsando.

Otro motivo de esperanza en relación con las CCM es que existen muchos laboratorios en el mundo que están estudiando diversas aproximaciones y variantes al respecto e, incluso, la propia NASA tiene un proyecto propio para utilizar la tecnología CCM en los desplazamientos espaciales. Por otra parte, la aproximación de los investigadores del Instituto de Biodiseño de la Universidad de Arizona, en Estados Unidos, es diferente ya que lo que les interesa es su aplicación en plantas depuradoras. Así se podrían aprovechar doblemente los microbios para limpiar las aguas y autoabastecerse con la energía producidas en las CCM.

Según expertos de la Universidad de Massachusetts, ésta una de las aplicaciones más prometedoras entre las muchas que se está trabajando, y podría ser realidad en unos 5 años. La necesidad energética de estas plantas es muy elevada ya que, por ejemplo, en Estados Unidos llegan a consumir el 1,5% de la electricidad total, lo que las hace prohibitivas para algunos países en vías de desarrollo.



MÚSCULOS ARTIFICIALES

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA CONSTITUYEN APOYOS MUY FIRMES para colaborar con los esfuerzos de la Humanidad de sustituir las energías no renovables por nuevas fuentes energéticas renovables menos contaminantes. La energía solar (en sus diferentes vertientes), la eólica, los biocombustibles, la nuclear o la de las olas del mar ofrecen diversas posibilidades de las que algunas se están convirtiendo en realidades tangibles por las que se interesan las grandes empresas energéticas del mundo.

Hoy comentaremos algunos aspectos de la utilización de una fuente de energía tan primitiva como la de las olas del mar, asociada a una tecnología tan moderna y prometedora como la de los músculos artificiales poliméricos.

ENERGÍA DE LAS OLAS • Precedido de más de 20 proyectos y prototipos desarrollados en los últimos diez años, en la superficie del mar Atlántico, a 5 km de la costa, en Aguçadora, al norte de Oporto (Portugal), se encuentra el primer gran parque del mundo que utiliza las olas del mar para obtener energía eléctrica. Allí se pueden observar flotando, semejando unas grandes serpientes, a tres grandes tubos rojos de 142 metros de largo y 3,5 de diámetro cada uno. Se trata de **Pelamis** (cobra marina, en griego). Cada tubo tiene tres secciones cilíndricas, unidas por juntas articuladas que se acoplan a unos módulos electromecánicos de conversión de energía.

Cuando las olas pasan, los tubos se mueven, se activan unos generadores y la energía cinética se convierte en eléctrica. Aunque cada tubo pesa 700 toneladas, se encuentran semisumergidos y señalizados con flotadores y pesos. Su potencia global equivale a 2,25 megavatios proporcionando electricidad suficiente para unos 1.500 hogares. Pero para el futuro se piensa en una segunda fase con 25 máquinas, multiplicando por diez la producción eléctrica. Y más adelante, en un conjunto de parques que alcanzarán los 500 megavatios, con el propósito de que en unos 15 años el mar proporcione entre el 20% y el 30% del total de la energía necesaria nacional, con un ahorro anual de muchas decenas de miles de toneladas de emisiones de dióxido de carbono. Respecto a energías renovables no hay que olvidar que en Portugal ya existe

una potencia eólica instalada cercana a los 3.000 megavatios y que se estima que, en el mundo, el mercado de las olas podrá alcanzar los 325.000 millones de euros.

Pelamis es propiedad de Enersis, un grupo internacional, con tecnología desarrollada por la empresa escocesa Ocean Power Delivery. Iberdrola posee una filial escocesa, la Scottish Power, con licencia para instalar, junto a Enersis, el primer parque de olas del Reino Unido y en Australia existe otro proyecto parecido llamado **El lince de las olas**. Según los inventores de esta tecnología Reino Unido, Irlanda, Francia, España y Noruega son los países que mejor podrían utilizarla. Con otras tecnologías funcionan o están en funcionamiento algunas instalaciones en Estados Unidos, Canadá, China, India, y Corea del Sur.

EL MÚSCULO ARTIFICIAL POLIMÉRICO • En palabras del profesor Toribio Fernández Otero, director del Centro de Electroquímica y Materiales Inteligentes de la Universidad Politécnica de Cartagena, experto en el tema “Si los motores moleculares biológicos están formados por moléculas lineales, como las proteínas de los músculos, una de las vías pensadas para desarrollar músculos artificiales es a partir de películas poliméricas cuyas cadenas moleculares se encojan o estiren como respuesta a un estímulo externo de onda cuadrada (campo eléctrico, luz, campo magnético) ... por lo que ... los músculos artificiales poliméricos son tema prioritario de las agencias espaciales, así como de los programas que financian tecnologías de interés militar. La investigación y desarrollo en músculos poliméricos piezoeléctricos, electrostrictivos, electrostáticos y ferroeléctricos, con memoria de forma o fotomecánicos está experimentando un crecimiento espectacular dando origen a la creación de gran número empresas start-up, con aspiración de multinacionales, o de grupos de investigación y desarrollo en las empresas aeronáuticas o espaciales”.

Una de esas empresas innovadoras es la Artificial Muscle Inc. (AMI), fundada en el año 2004, cuyos científicos han desarrollado y patentado el EPAM, un músculo artificial polimérico electroactivo (Electroactive Polymer Artificial Muscle), un actuador al que le asignan numerosas ventajas sobre los ya existentes, con aplicaciones muy diversas como generadores, motores, válvulas, sensores, etc.

La calidad del producto viene avalada por la inclusión de la empresa entre los ganadores de los últimos prestigiosos galardones RED HERRING 100 GLOBAL AWARD elegidos entre más de 2.000 prometedoras empresas de Estados Unidos, Europa y Asia, basándose en crite-

rios cuali y cuantitativos de innovación, estrategia, funcionamiento, salud financiera e integración en el ecosistema.

CONFLUENCIA • La organización no lucrativa SRI International fue fundada en el Stanford Research Institute, de la Universidad de Stanford, in 1946, constituyéndose en un organismo independiente en 1977 con la misión principal de apoyar el descubrimiento y apoyar la aplicación de la ciencia y la tecnología en aras del conocimiento, comercio, la prosperidad y la paz.

La confluencia de músculos artificiales poliméricos y energía de las olas del mar se consiguió por uno de sus proyectos, en agosto del año 2007 apoyando los estudios sobre un prototipo de generador para aprovechar la energía de las olas fabricado por la empresa japonesa Hyper Drive Corporation que se ubicó en la bahía de Tampa, en Florida. Con el movimiento vertical de la unidad la energía de las olas, con un sistema tipo acordeón, se recogía por unas membranas de músculo artificial procedentes de la empresa EMI que se contraían y expandían creando una energía mecánica transformable en electricidad. El generador originó unos modestos 10 Watts de potencia con olas de un metro de altura, pero hace unos días se ha puesto en marcha otro modelo, ya más eficaz y situado en pleno océano desprotegido frente a las costas norteñas de California.

En los próximos años se piensa que se podrán realizar modelos a escalas muy superiores, con una primera intención, la de convertirlos en boyas de navegación, que en la actualidad funcionan con baterías de 25 vatios, a las que se podrían adicionar otros equipos útiles como cámaras o como sensores de alarma atmosféricos, todos alimentados con la energía procedente de las olas del mar. Se espera que, en el futuro, junto a la consecución de un mejor rendimiento y escalado también se puedan reunir conjuntos de unidades energéticas formando verdaderas granjas marinas suministradoras de energía en cantidades considerables destinadas a ser utilizadas en tierra firme.

AGUA VIRTUAL Y DECISIONES POLÍTICAS

EN MARZO DEL 2008 SE HIZO PÚBLICA LA NOTICIA DEL PREMIO EN ESTOCOLMO, coincidiendo con la celebración del *Día Mundial del Agua de las Naciones Unidas*. La Real Academia sueca de las Ciencias es quien propone y selecciona al candidato al premio, una escultura de vidrio acompañada de una dotación económica de 150.000 dólares, que son entregados en una solemne ceremonia y banquete presididos por el Rey Carlos Gustavo en el City Hall de Estocolmo.

PREMIO • No se trata de un Premio Nobel sino del Premio Estocolmo del Agua 2008, el más prestigioso galardón mundial anual dedicado a los temas del agua y que puede ser concedido a individuos, instituciones y organizaciones cuyo trabajo haya contribuido más eficazmente a la conservación y protección de los recursos acuáticos y a mejorar la salud de los ecosistemas y de los habitantes de nuestro planeta.

La Secretaría del premio radica en el SIWI (Stockholm International Water Institute) un Instituto internacional dedicado a fomentar soluciones sostenibles para la creciente crisis mundial del agua, sirviendo de plataforma para compartir conocimientos y relaciones entre científicos, industriales, políticos y sociedad civil que sirvan para anular las barreras relacionadas con el agua que dificultan la producción de alimentos, la disponibilidad de agua potable, las coberturas sanitarias, la prevención de la pobreza, etc.

El galardonado con el Premio Estocolmo del Agua 2008 ha sido el profesor John Anthony Allan del King's College de Londres y de la Escuela de Estudios Orientales y Africanos, instituciones pioneras en cuestiones referentes a la problemática del agua y su conexión con la agricultura, el cambio climático, la economía y la política.

El profesor Allan, además de educador es un autor prolífico experto en recursos hídricos y resolución de conflictos en todo el mundo y especialmente en las regiones de Oriente Medio y norte de África y está considerado uno de los pensadores más influyentes del mundo en los temas hídricos. Pero sus aportaciones extraordinarias han sido las relacionadas con sus estudios sobre el **agua virtual**, parámetro que descubrió en 1993 y que sirve para medir el agua realmente empleada en la producción de alimentos y productos de consumo.

AGUA VIRTUAL • Cuando al levantarnos nos tomamos una taza de café no estamos consumiendo sólo los 100 ó 200 ml de agua necesarios para su preparación, sino toda la necesitada para el cultivo, producción, empaquetado, etc. de los granos de café utilizados, y ello supone un total de ¡140 litros!, cifra que es la mitad de la que un británico utiliza diariamente como media para beber, asearse y realizar las tareas del hogar.

Pero más llamativo es el caso de la carne. Producir un kilo supone de 5.000 a 20.000 litros dependiendo del animal y el sistema de producción (con pastos se usa menos agua virtual que con la estabulación). Así una hamburguesa supone un consumo total de 2.400 litros y producir un kilogramo de maíz o de trigo requiere entre 500 y 4.000 litros de agua; un kilogramo de carne de res más de 10.000 mientras que un kilo de carne de cerdo necesita 3.000 litros, lo mismo que un litro de leche. Nuestro mayor consumo de agua lo hacemos, pues, de manera indirecta a través de los alimentos; es el agua virtual que ingerimos, entre 2.000 y 5.000 litros de agua virtual cada día. Mientras que un americano consume como media diaria alrededor de 6.000 litros de agua virtual el consumo de un chino es de unos 2.000 litros.

Por ello, el comercio internacional de alimentos es en realidad un comercio de agua virtual. Y en una lógica de eficiencia económica y de sustentabilidad, habría de esperarse que los países y regiones con mayor abundancia de agua se especializaran en la producción de alimentos asociados a valores altos de agua virtual exportados a otras zonas con escasez de agua donde los cultivos deben hacerse con productos asociados a bajos valores de agua virtual. ¿Sucede así? No, debido a los intrincados sistemas de protección comercial que se mantienen en el sector agrícola de la mayor parte de los países.

Así, en los países de la OCDE los agricultores reciben más de un tercio de los ingresos de los subsidios estatales, en total unos 300 mil millones de dólares anuales, que es una cantidad 5 veces mayor que la usada para asistencia y desarrollo de los países más pobres.

Como es lógico a los productos industriales y de consumo doméstico también se le pueden asociar sus cifras correspondientes de agua virtual.

CONSECUENCIAS • Las derivaciones del trabajo del profesor Allan deberían tener un gran impacto en las políticas de investigación y comercio internacional y deben redefinir las políticas y gestión del agua, influyendo en las políticas nacionales de comercio y del agua y con grandes implicaciones en el equilibrio de los recursos acuíferos mundiales.

La aplicación del concepto científico de agua virtual puede potenciar el uso del comercio

para aliviar la escasez de agua en algunas regiones y emplear de forma más eficaz los recursos hídricos lo que incrementaría la capacidad de hacer un uso sostenible de los recursos hídricos mundiales para las futuras generaciones y reduciendo el riesgo de conflictos debido a la escasez de agua.

Un ejemplo: para cultivar una tonelada de cereales o de trigo se necesitan unos 1.000 m³ de agua mientras que la misma cantidad de arroz requiere hasta dos veces más de agua. Por ello, en países pobres en agua el valor de los recursos hídricos utilizados para producir estos alimentos puede ser bastante mayor que el del producto obtenido. En lugar de utilizar sus escasos recursos hídricos para cultivar productos que requieren una gran cantidad de agua, estos países podrían importar alimentos baratos, y reducir la presión sobre sus propios recursos hídricos. Varios países como Israel y Jordania, ya han elaborado políticas para reducir la exportación de productos que requieran grandes cantidades de agua. Y Túnez es un ejemplo de un país que ha conseguido producir con éxito aceite de oliva, que necesita poco agua, para su exportación de agua virtual”.

El concepto de agua virtual relaciona Agricultura, Ganadería, Industria, Ecología, etc., por lo que una conclusión es evidente y coincidente con la expresada por el académico D. Manuel Ramón Llamas Madurga en su discurso de ingreso en la Real Academia De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, sobre el tema LOS COLORES DEL AGUA, EL AGUA VIRTUAL Y LOS CONFLICTOS HÍDRICOS: “la política del agua española no debería ser planeada y prácticamente decidida de modo casi exclusivo por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente”.

LA HUELLA HÍDRICA

CON MOTIVO DEL COMENTARIO DE LA CONCESIÓN DEL PREMIO ESTOCOLMO DEL AGUA 2008 al profesor Allan nos referíamos, en otro comentario científico, a su valioso concepto de agua virtual, o cantidad de agua total utilizada para la producción de un bien o servicio. Y concluíamos poniendo de manifiesto que dada la complejidad del tema del mejor aprovechamiento del agua y sus estrechas implicaciones con múltiples sectores económicos, agrícolas, industriales, urbanísticos, de servicios, ecológicos y medioambientales era muy razonable la opinión del profesor Llamas Madurga de que la política del agua española no debería ser planeada, y prácticamente decidida, de modo casi exclusivo por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente.

Hoy nos vamos a referir a otro importante concepto consecuencia del de agua virtual, *la huella del agua*.

FLUJOS DE AGUA VIRTUAL • El contenido de agua virtual de un producto es la suma de tres tipos de agua: verde, azul y gris. La verde es el volumen de agua de lluvia consumida y evaporada durante el proceso de producción. La azul es el volumen de aguas superficiales o de corrientes acuosas que se evaporan como resultado de la producción de un producto, tanto del agua de riego en la parcela de producción como la evaporación habida en el sistema de conducciones, canales y balsas. En cuanto al agua virtual gris es el volumen de agua contaminada durante el proceso.

El volumen total de agua usada anualmente en el mundo es de unos 7.500 km cúbicos. Aproximadamente, un 85% para productos agrícolas, un 10% para productos industriales y un 5% para consumo doméstico. Un 16% del consumo total de agua se dedica a la exportación de agua virtual. Dentro de esa exportación, un 67%, la mayor proporción, se hace a través del comercio internacional de cultivos; un 23% se relaciona con el comercio de ganado y productos cárnicos y sólo un 10% es atribuible al comercio de productos industriales.

HUELLA HÍDRICA • Para una comunidad, grupo o país, la *huella hídrica* o uso real del agua, es el resultado de la suma de su consumo de recursos hídricos y de las importaciones de agua virtual, restándole el valor de las correspondientes exportaciones. La huella hídrica de una nación es un indicador útil de la demanda del país respecto a los recursos hídricos del planeta.

Según datos publicados en el año 2005 en la revista WATER RESOUR MANAGE, recogidos por Hispagua, el Sistema español de Información sobre el Agua, la huella hídrica mundial anual supone unos 7.500 km³, es decir, unos 1.240 m³ de agua por persona y año. En términos absolutos, India es el país que posee una huella hídrica más grande: 987 km³/año, pero mientras la población India supone el 17% del total mundial su huella hídrica solo alcanza el 13%. En términos relativos el país que posee una mayor huella hídrica es Estados Unidos, con 2.480 m³/año y persona, seguido de los países mediterráneos europeos (Grecia, Italia y España), mientras que China posee una huella relativamente baja (700 m³/año por persona).

Los principales factores que determinan la huella hídrica per cápita de un país son: el consumo medio de agua por persona; los hábitos de consumo de sus habitantes; los factores climáticos y la eficacia de las prácticas agrícolas. Evidentemente, los habitantes de países ricos consumen más productos y servicios, lo que significa un aumento de la huella hídrica. Pero no es sólo el volumen de consumo lo que determina la demanda hídrica de la población. El tipo de productos y servicios es un factor muy relevante, ya que no todos ellos requieren la misma demanda de agua. Así, una dieta a base de carne supone una huella hídrica mucho mayor que una dieta vegetariana (un promedio de 4.000 litros de agua al día frente a 1.500) y el ser conscientes de nuestra huella hídrica individual puede ayudarnos a utilizar el agua con más precaución. Concretamente, la elevada huella hídrica de Estados Unidos se debe al alto consumo por persona de carne y de productos industriales, mientras que en Irán la causa principal es el bajo rendimiento del suelo agrícola.

PROTECCIONISMOS • En una lógica de eficiencia económica y de sustentabilidad habría que favorecer el uso del agua en los lugares que alcanzase mayor rentabilidad y conseguir que los países con mayor abundancia de agua se especializaran en la producción de los alimentos con más agua virtual, al menos de cereales, carne y lácteos, exportándolos a las zonas con menor abundancia de agua que, siempre que ello sea posible, deberían producir productos con mayor valor económico y menor necesidad de agua virtual.

Los mercados podrían ser instrumentos más útiles que las decisiones políticas burocratizadas para lograr una distribución más eficaz de los recursos naturales como el agua pero las enormes subvenciones a la exportación para la agricultura de los países de la Unión europea y los Estados Unidos representan un potente freno. En los países de la OCDE, el importe de las ayudas estatales supera los 300.000 millones de dólares anuales y el apoyo agrícola global es más de 5 veces el importe de los fondos dedicados a la asistencia de los países pobres duplicando el valor de las importaciones de productos realizados desde estos países. Otro dato significativo: la subvención por cada vaca en la Unión Europea supera los dos dólares diarios estimándose que en el mundo hay unos dos mil quinientos millones de personas que han de vivir con menos de dos dólares diarios, es decir, lo que la Unión Europea da por cada vaca.

Las consecuencias proteccionistas son destructivas pues en los países pobres muchos productos locales no pueden competir con los productos importados por debajo del costo real de producción. En varios países africanos, la importación masiva de trigo europeo ha sustituido al ñame local con lo que ahora dependen de un cereal que tradicionalmente no consumían. El Director General de la FAO, Jacques Diaof, declaraba en una entrevista publicada en La Vanguardia, que con los países industrializados subvencionando sus agriculturas con cerca de mil millones de dólares diarios, los precios internacionales de los productos agrícolas y los campesinos en los países pobres deben hacer frente a una competencia desleal incluso en sus propios mercados.

El abandono paulatino de las políticas proteccionistas debe ser paralelo a una concienciación sobre el uso más rentable del agua, reduciendo la diferencia entre precios y costes del agua, uno de los objetivos principales de la Directiva Marco del Agua de la UE.

NO AL BRONCEADO ULTRAVIOLETA

TRAS EL REGRESO DE LAS VACACIONES DE VERANO muchas personas pretenden conservar e, incluso, aumentar el bronceado alcanzado y acuden a diversos procedimientos, entre ellos, a los tratamientos con lámparas UV bien en instalaciones domésticas o comerciales. Pero recientes investigaciones, publicadas esta semana, confirman los graves peligros de los bronceados UV. Y, según la Academia americana de Dermatología, cada hora, muere en USA una persona como consecuencia de sufrir un melanoma maligno.

DATOS • En realidad la práctica de este tipo de tratamiento en recintos cerrados tuvo su origen en Europa y después se extendió a los Estados Unidos, con el uso de lámparas solares emisoras de radiaciones UV para intentar prolongar en el tiempo los efectos positivos psicológicos y fisiológicos de la exposición natural a la luz UV.

En España, según datos recogidos en el año 2004 por la Asociación Española del Bronceado (<http://www.aeb-asociacion.com>) un 16% de los españoles entre 20 y 65 años han acudido a un centro de bronceado, porcentaje que entre las mujeres asciende hasta el 19% mientras que en los hombres se queda en un 9%, aunque esta proporción de hombres va adquiriendo cada año un mayor protagonismo. Por otra parte, los jóvenes entre 20 y 30 años son los mayores usuarios de este servicio con un 25%, porcentaje que va disminuyendo al ascender la edad hasta el 8% de las personas entre 51 y 60 años. Los usuarios de los centros de bronceado acuden a las cabinas de bronceado más en primavera y realizan una media de 12 sesiones por año y se estima que existen en España alrededor de 25.000 centros, de los cuales 1.500 son centros de bronceado específicos, 12.000 se encuentran en centros de estética, 7.500 en peluquerías, 2.500 en gimnasios, 1.000 en perfumerías y 500 en hoteles y balnearios. En cuanto a ciudades, Bilbao y A Coruña (21%), seguidas de cerca por Barcelona y Zaragoza (18%) son las ciudades con mayor índice de usuarios de rayos UVA.

En USA, la situación es parecida y el 10% de la población ha acudido a ellos alguna vez a centros de bronceado, que emplean a 160.000 trabajadores y cuyas transacciones económicas superan los cinco mil millones de dólares.

BRONCEADO • La prestigiosa editorial Wiley Blackwell es la encargada de publicar la revista PIGMENT CELL AND MELANOMA RESEARCH (PCMR), que cuenta con un importante factor de impacto y es el órgano oficial de la *International Federation of Pigment Cell Societies* (IFPCS) y de la *Society for Melanoma Research* (SMR) que agrupan a todos los científicos del mundo que investigan sobre el melanoma y el proceso de pigmentación. Uno de sus editores es el profesor José Carlos García-Borrón, catedrático de Bioquímica de la Facultad de Medicina de Murcia, galardonado recientemente con la Medalla Raper que se concede cada tres años al científico que haya hecho, a nivel mundial, las mejores aportaciones investigadoras en este campo.

En ocasiones anteriores nos hemos ocupado del bronceado, de los diferentes tipos y actuaciones de las radiaciones UV así como de algunos de sus peligros. No vamos a insistir en ello, pero si en la preocupación de los científicos que el pasado verano desde Sapporo, Japón, durante la celebración del congreso mundial de la IFPCS y, también con el auspicio de la SMR, es decir, de las dos sociedades científicas mundiales más importantes sobre el tema, instaban a los poderes públicos sobre “la necesidad de regular el uso y de transmitir adecuadamente a la población el conocimiento de los riesgos del desarrollo de cánceres cutáneos como consecuencia de la utilización de los dispositivos de bronceado basados en rayos UVA”, añadiendo que la comunidad científica deplora la distorsión que se hace de la investigación científica para obtener beneficios económicos e insistiendo que se está poniendo en peligro la vida de muchas personas, incluyendo las de muchos jóvenes.

Un número de la revista PCMR se ocupará específicamente del tema y recogerá varias investigaciones que constituyen un apoyo sólido e incuestionable a ese llamamiento.

INVESTIGACIONES • El problema lo entenderemos muy fácilmente. La melanina, el pigmento que nos broncea, lo fabricamos en unas células específicas, los melanocitos, mediante una compleja y regulada vía biosintética estimulada por las radiaciones UV. Los cánceres cutáneos, en especial, el temido melanoma (uno de los dos tipos de cánceres cuya incidencia y mortalidad sigue aumentando) se originan como consecuencia de alteraciones en el material genético, el ADN y la subsiguiente malignización (pérdida de regulación) de los melanocitos. Y, para cerrar el círculo las radiaciones UV favorecen cambios en el ADN y con consecuencias cuyos mecanismos son similares al de la malignización de los melanocitos.

Explicándolo con un poco más de detalle, también en la revista PCMR, con anterioridad,

un grupo internacional de investigadores (Alemania, Japón y USA) han investigado similitudes y diferencias de la radiación solar simulada en relación con la radiación UVA y UVB. Y, en lo que se refiere a las tres importantes investigaciones a las que nos referíamos anteriormente, la conclusión global es la de que no existe un bronceado en cámaras con UV ni solar que se pueda calificar como seguro y la de que se necesita investigar con más profundidad sobre el tema.

Los autores principales de los tres artículos son líderes mundiales en los campos de la Biología Celular Dermatología y epidemiología (Dr. Fisher, dermatólogo, presidente la Society of Melanoma Research; Marianne Berwick, epidemióloga del New Mexico Cancer Research and Treatment Centre; Dorothy Bennett, prestigiosa bióloga celular del Basic Medical Sciences, St George's, University of London). He aquí algunas de las conclusiones de sus revisiones:

- Tanto la radiación solar como la de cámaras UVA producen daños en el ADN, fotoenvejecimiento y cáncer de piel.
- La radiación UV es el carcinógeno humano más ubicuo y la piel es nuestro órgano mayormente afectado por el cáncer.
- El uso de las cámaras de bronceado, sobre todo en mujeres jóvenes, parece que está ligado a un mayor riesgo de melanomas.
- No hay base científica para la afirmación de que las cámaras de bronceado son seguras.
- Tanto el bronceado como el cáncer de piel se inician con el mismo hecho: el daño producido al ADN por la radiación UV.
- Aunque los factores genéticos y otros influyen al riesgo de cáncer cutáneo, es indudable que la exposición a la radiación UV es la más evitable de las causas de ese cáncer y de mortalidad en el hombre.
- Los esfuerzos de la industria del bronceado por confundir al público deben ser combatidos vigorosamente por los sistemas de salud pública.

En resumen, esto es lo que afirman los científicos especialistas en el tema.





UN CAFÉ... ¡Y A CORRER!

QUIZÁ UNA DE LAS ACTIVIDADES MÁS SALUDABLES QUE PODEMOS REALIZAR ESTE VERANO CONSISTA EN tomarnos una buena taza de café y a continuación hacer una sesión de ejercicio moderado. Así lo sugiere una investigación que se publicó en una de las principales revistas científicas del mundo, los PNAS, bajo el título *Voluntary exercise together with oral caffeine markedly stimulates UVB light-induced apoptosis and decreases tissue fat in SKH-1 mice*. Vamos a intentar simplificar su contenido, no sin antes apuntar que la Academia de Ciencias de los Estados Unidos de América (NAS), creada en la época de Abraham Lincoln, junto con la de Ingeniería, el Instituto de Medicina y el Consejo Nacional de Investigación, es una de las cuatro academias nacionales cuyos comités de expertos asesoran al gobierno y sociedad americanos. Entre sus 2.100 miembros propios elegidos y 380 asociados extranjeros se encuentran más de 200 ganadores del Premio Nobel. Su publicación, la citada PNAS (Proceedings of the NAS), es de gran prestigio por su alto factor de impacto (número de citas que recibe un determinado artículo por otros investigadores durante un tiempo tras su publicación) lo que le hace codearse con el resto de otras grandes revistas biológicas mundiales como NATURE, SCIENCE, CELL o EMBO JOURNAL.

UVB • En el resumen de la investigación, divulgado por la propia revista, se indica que posiblemente una taza de café y un paseo no lleguen a ser tan eficaces como un buen protector solar pero sí se ha demostrado que son capaces de reducir los daños ocasionados por los rayos solares. La molécula responsable del efecto, la cafeína, es un alcaloide con efectos diversos sobre la salud y en la bibliografía científica existen múltiples datos al respecto. Por ello, para cada persona en particular, dependiendo de sus condiciones individuales podrá ser médicamente recomendable aumentar o reducir su ingesta diaria de café o de cafeína.

De lo que se trata hoy es tan sólo de glosar los resultados obtenidos, sobre un tipo de ratones (SKH-1), por un grupo de investigadores de la State University of New Jersey dirigidos por el Dr. Yao-Ping Lu. Los ratones podían realizar voluntariamente ejercicio usando unas ruedas giratorias y se les suministró durante dos semanas cafeína disuelta en el agua de la bebida.

En estas mismas páginas nos hemos ocupado en diversas ocasiones (véase el canal Ciencia y Salud de La verdad digital) de los efectos mutagénicos y cancerígenos sobre la piel de los rayos UV, especialmente los UVB, presentes en la radiación solar. Estos rayos penetran la piel afectando y modificando toda clase de moléculas, carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (es decir, genes), lo que explica sus consecuencias mutagénicas y cancerígenas.

Por otra parte, en otras ocasiones nos hemos referido el proceso celular denominado apoptosis, popularmente conocido como suicidio celular, consistente en un mecanismo genético que cuando se activa conduce a la muerte celular de las células afectadas lo que repercute en beneficio del organismo completo. Este fenómeno es tanto más interesante que ocurra en las primeras etapas de la aparición de las células cancerosas ya que, de funcionar estas desaparecen y el proceso de malignización puede resolverse por si solo, biológicamente.

Es interesante destacar respecto al tema que hoy nos ocupa que los rayos UVB carcinogénicos son capaces también de inducir la apoptosis, dos procesos aparentemente antagonicos.

CAFEÍNA • Las bondades de la actividad física son bien conocidas. En cuanto al café, señalemos que el CoSIC (<http://www.cosic.org/>) es el *Centro de Información sobre la Ciencia del café* y está integrado fundamentalmente por científicos independientes. Buena parte de la información de su portal se dedica a la relación entre café y sus componentes, por un lado, y salud o enfermedades, por el otro. Allí se recogen los resultados de miles de investigaciones realizadas en todo el mundo sobre estos temas. Así, sólo en las últimas décadas se han realizado más de 19.000 estudios sobre estos temas.

De entre ellos, vamos a destacar el realizado hace algún tiempo por científicos de Harvard a lo largo de 18 años sobre 126.000 personas, en el que llegaron a la conclusión de que la ingesta diaria café reducía, más en hombres que en mujeres, el riesgo de desarrollar diabetes de tipo II, en cifras que eran dependientes del consumo pero que podían superar una bajada de más del 50% del riesgo. Otras investigaciones hacen hincapié en el papel beneficioso del consumo de café para prevenir el Parkinson (hasta un 80%), reducir el riesgo de cáncer de colon (hasta un 25%), la cirrosis hepática (hasta un 80%) o los cálculos biliares (hasta un 50%). Incluso se ha comprobado que contrarresta algunos de los efectos negativos de otros vicios como el del tabaco.

Algunos de estos efectos beneficiosos del café se deben a la alta concentración de sustan-

cias antioxidantes que contiene y que también estarían presentes en el café descafeinado. Otras, sin embargo, parecen radicar en la cafeína. Por ejemplo, los resultados de algunos estudios epidemiológicos sobre la reducción de cáncer de hígado o de mama.

Precisamente el efecto de la cafeína viene siendo uno de los objetivos de la investigaciones del Dr. Yao-Ping, autor de la que hoy comentamos, y de otra publicada en el año 2002 también en PNAS, indicativa de que la aplicación tópica de cafeína y (-) galato de epicatequina (un antioxidante presente, por ejemplo en el te verde) inhiben la carcinogénesis y aumentaban la apoptosis en tumores de piel de ratones inducidos por rayos UVB.

CAFÉ Y EJERCICIO • En la investigación hoy comentada, la combinación entre cafeína (en cantidades para alcanzar concentraciones plasmáticas equivalentes a las de personas que beben tres tazas diarias de café) y ejercicio da lugar a una serie de consecuencias cuya variación de parámetros se ha estudiado en los ratones: peso de pliegue grasa parametrial, espesor de la capa grasa dérmica, estimulación de células apoptóticas inducidas por los rayos UVB y estimulación por UVB de células epidérmicas con el sistema biológico caspasa 3 activo, que participa activamente en la apoptosis.

¿Qué resultados se han obtenido? Siempre, la acción combinada de cafeína más ejercicio ha sido más efectiva que la de cafeína o la de ejercicio solos. Así: 77, 35 y 62% respectivamente para la disminución de pliegue grasa parametrial; 68, 38, y 42% en la disminución del espesor de capa dérmica; 376, 96 y 120% en el estímulo de la apoptosis por los rayos UVB y 389, 92 y 120% en el estímulo de la caspasa, con la conclusión general de que entre el suministro oral de cafeína y el ejercicio se da alguna forma de sinergia que favorece la apoptosis inducida por UVB, es decir que incrementa la protección contra la malignización cancerosa.

LA VACUNA ANTITABACO

EN LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS LOS EFECTOS DEL TABACO producen más muertes que la suma junta de las ocasionadas por el alcohol, drogas, suicidio, accidentes de tráfico, asesinatos y SIDA y el uso del tabaco constituye la principal causa evitable de muertes. Las estadísticas de los CDC americanos (*U.S. Centers for Disease Control and Prevention*) indican que los costos médicos derivados del tabaquismo exceden en EE.UU. los 76 mil millones de dólares; que otros 82 mil millones de dólares se pierden en productividad relacionadas con la mortalidad y que el 20% de todas las muertes están relacionadas con el tabaco.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) es contundente: unos mil quinientos millones de fumadores en el mundo, de los que morirán 750 millones por motivos relacionados con su consumo; causa directa de un 30% de todos los cánceres. En 1988 la OMS lanzó el *Programa TFI* (Tobacco Free Initiative) para aunar e intensificar los esfuerzos internacionales contra lo que denominó “la epidemia del tabaco”. Pero, a pesar de la admisión generalizada de los peligrosos efectos adictivos de la nicotina, más del 70% de los fumadores intentan abandonar el hábito, un 30% sólo lo consigue durante un día y menos del 5% por 3 meses o más.

ADICCIÓN • La nicotina es la principal sustancia del tabaco responsable de sus efectos adictivos. Al fumar un cigarrillo inmediatamente se absorbe la nicotina, que pasa a la sangre, traspasa la barrera hematoencefálica y entra al cerebro. Aquí, es reconocida por sus receptores y estimula la liberación de neurotransmisores tales como dopamina, que generan sensaciones positivas tales como placer, relajamiento y supresión del apetito. En ello radica la causa de la adicción.

La capacidad de la nicotina de crear adicción es cinco veces mayor a la de la heroína. Existen diversos tratamientos, aprobados médicamente, para luchar contra ello. Un primer conjunto lo forman las TRN (terapias de reemplazamiento de la nicotina). Un sueco, Ove Fernö, fue su primer inventor y la empresa Pharmacia las desarrolló. Actualmente, existe un amplio arsenal de chicles, pastillas, parches, inhaladores o aerosoles nasales. La segunda

línea de tratamiento nació de la observación que hizo un siquiatra americano sobre el anti-depresivo bupropion, al comprobar que los pacientes que lo tomaban reducían su consumo de tabaco. Ello se debe a que aumenta la disponibilidad de dopamina cerebral, un neurotransmisor crítico en la *experiencia de recompensa*, cuya concentración se reduce cuando se deja de fumar. A partir de ahí, se ha desarrollado una amplia gama de medicamentos que incluyen a antidepressivos tricíclicos, inhibidores de monoaminooxidasas, antagonistas opioides, etc. La efectividad, a corto plazo, de todos ellos es notoria, así como también su relativo fracaso a largo plazo. Un campo prometedor, en desarrollo, son los tratamientos basados en nuevas estrategias que incluyen antagonistas del receptor de cannabinoides (CB1), agonistas parciales del receptor de dopamina (D3), agentes gabaérgicos y glutamatergicos, agonistas parciales del receptor nicotínico y, sobre todo, la posibilidad de una vacuna para la nicotina, que comentamos a continuación, ya que parece próxima a convertirse en realidad.

VACUNA • El proceso de aprobación de un medicamento, desde el comienzo de la investigación básica hasta el final de los ensayos clínicos suele durar unos diez años. Primero, existe una fase preclínica, que es seguida de tres clínicas. Tras la posible aprobación del medicamento es sometido a un último estudio fase IV de farmacovigilancia.

En el caso de la vacuna antinicotina la investigación básica comenzó hace más de diez años y fue liderada por el Dr. Pentel, al frente de un grupo de investigadores de la empresa farmacéutica biotecnológica Nabi y de varias Facultades de Medicina americanas. Sus resultados fueron publicados en la revista PHARMACOLOGY, BIOCHEMISTRY AND BEHAVIOR, señalando el éxito en el desarrollo de una vacuna que, inyectada en animales, reducía el acceso al cerebro del 64% de la nicotina.

Se trataba de la NicVax, un derivado nicotínico enlazado químicamente a una proteína portadora seleccionada, la StaphVAX, que utiliza la empresa Nabi en otra de sus vacunas biotecnológicas. Se pretendía que, al igual otras vacunas, ésta estimulase el sistema inmunológico y se produjesen anticuerpos capaces de enlazarse a la nicotina, secuestrándola e impidiendo que alcance el cerebro. Así ocurrió en animales y se pensó que si funcionaba en humanos, al no producirse ya el estímulo positivo cerebral originado por la nicotina, ni sus efectos adictivos, ello facilitaría de modo esencial la decisión de dejar el tabaco, al desaparecer la ansiedad, y se reduciría enormemente la reincidencia.

FASES • En el año 2002, se inició el ensayo clínico fase I clínico, debidamente controlado, sobre producción de anticuerpos sobre voluntarios no fumadores: efectivamente, los anticuerpos aparecían entre 7-14 días tras la vacunación y se mantenían más de 60 días. En enero del 2003, otro ensayo clínico fase I/II sobre fumadores, exfumadores y no fumadores, demostró que se producían anticuerpos específicos y de que las reacciones colaterales eran leves. En los años 2003-2004 los resultados del ensayo fase II de EE.UU. indicó que el 33% de los fumadores que dejaron de fumar habían recibido la dosis más elevada de NicVAX, comparado con el 9% del grupo placebo. Este resultado se consiguió sólo administrando NicVAX sin ninguna intervención adicional, tratamientos suplementarios, ayuda a la conducta o consejo. En el 2005 la NIDA concedió a la empresa NABI una subvención de 4,1 millones de dólares para preparar ensayos fase III y simultáneamente, se inició otro ensayo fase II, pero esta vez en Europa, usando dosis variables elevadas de la vacuna sobre 68 fumadores (para comprobar toxicidad, durante más de seis meses).

Los resultado obtenidos, en el año 2006, también fueron bastante favorables, demostrando que la inmunoterapia puede ser un nuevo tratamiento potencial contra la adicción nicotínica, consiguiéndose “muy buenos resultados” respecto a la respuesta del sistema inmune a la vacuna, la disminución del deseo de fumar y el descenso del consumo de nicotina. Ese año también se inició un ensayo Fase IIb, “prueba de concepto”, que finalizó a mitad de 2007, para evaluar la efectividad de una formulación optimizada y tras ello dieron los ensayos clínicos de fase III, previos a la posible aprobación de la vacuna, ya en fase de gestión en Europa.

Según Nabi, los objetivos principales de su vacuna son prevenir la recaída o el consumo inicial de tabaco, por lo que está dirigida principalmente a adolescentes para evitar que se inicien en este hábito, a los ex-fumadores para que no recaigan y las mujeres embarazadas que fuman.

*Medio ambiente
y vida saludables.
Mininoticias*

VIDA SANA • Resultados confirmatorios de otras investigaciones anteriores. Un estudio sueco sobre 24.444 mujeres postmenopáusicas, publicado en ARCHIVES OF INTERNAL MEDICINE confirma que la mayor parte de infartos de miocardio son evitables con estilos de vida sana: dieta saludable, actividad física, no fumar y control de peso.

CLIMA • La revista GEOLOGY publicó una investigación basada en el estudio de fósiles que revela que hace 40 millones de años existía en la tierra un gran efecto invernadero. El clima en la región de Nueva Zelanda mostraba tierras verdes, con mares templados y prácticamente ningún hielo en la Antártica, con unas condiciones globales que pueden asemejarse a las esperables finales del presente siglo si se cumplen las predicciones de cambio climático. Asimismo describen cambios cíclicos en las temperaturas, con una duración de 18.000 años, asociados a variaciones orbitales terrestres.

SABER MÁS • Respecto al calentamiento en el Cretáceo medio son ilustrativas y divulgativas las páginas, en español, de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de su programa de Paleoclimatología en National Climatic Data Center: <http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/paleo.html>. Para una explicación divulgativa, en español, de los diversos acontecimientos relacionados con la era Mesozoica (hace 248-65 millones de años) se puede consultar el portal http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/geology/hist_mesozoic.sp.html&edu=elem.

GEOINGENIERÍA • Para luchar contra el cambio climático algunos científicos creen que hay que pensar en medidas más globales y drásticas, aún en fase de imaginación. Entre las manejadas: fertilizar los océanos con hierro u otros nutrientes para incrementar su plancton que éste absorba más CO₂; incrementar la cubierta nubosa y su reflectividad a las radiaciones; lanzar partículas al aire para mimetizar los efectos de enfriamiento que producen las partículas emitidas tras una erupción volcánica; e, incluso se ha sugerido la posibilidad de cubrir amplias superficies terrestres con filmes reflectores o colocar millones de pequeños espejos en el espacio para que reflejen la radiación solar. Por ahora sueños.

CLIMA • Otro gran tema candente, el climático, ha llevado a los editores de la revista NATURE (Nature Publishing Group) a la creación de una nueva publicación, *on-line*, de acceso libre, titulada NATURE REPORTS CLIMATE CHANGE, que trata de cubrir la ciencia del cambio climático y sus implicaciones sociales, económicas y políticas. Uno de sus primeros artículos, del equipo de David Nogués-Bravo, del museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, analizaba el papel del cambio climático en la extinción de los mamuts, hace unos 3.600 años.

EFFECTO INVERNADERO • Cuando un planeta tiene atmósfera, su temperatura superficial es mayor de lo que sería si la atmósfera no existiera y los gases emiten radiación que calienta la superficie. Si la Tierra no tuviese efecto invernadero la temperatura media de la superficie de la Tierra, sería unos 33 °C más fría de lo que es en la realidad, unos -19 °C en vez de los 14 °C reales. Si la intensidad del efecto invernadero se duplicara la temperatura sería de 47°. Por tanto, el efecto invernadero no es malo, es necesario. Lo crítico es su intensidad.

EFFECTO INVERNADERO • El efecto invernadero que produce el gas metano es entre 25 y 70 veces superior al originado por el dióxido de carbono. Es originado por microorganismos que viven en sus ambientes naturales tales como basureros o en sitios tales como el intestino del ganado. Por ello, el aumento de la producción cárnica influye muy negativamente en el efecto invernadero. En el año 2006 una investigación en NATURE señaló la posible importancia de la emisión de metano por las plantas en el ciclo de este gas. En mayo del 2007, investigadores del importante centro investigador holandés ubicado en Wageningen, utilizaron una metodología más precisa y avanzada concluyendo que las plantas no producen directamente emisiones preocupantes de metano.

CALENTAMIENTO GLOBAL • Es un concepto diferente al de efecto invernadero y se refiere al hecho de que la temperatura media de la Tierra ha ido aumentando en las últimas décadas y, que según muchos modelos, seguirá haciéndolo en el futuro. Puede ser una consecuencia de la intensificación del efecto invernadero por causas antropogénicas pero, teóricamente también podría darse, sin variación del efecto invernadero, por alteraciones exógenas como las de la actividad solar.

EFFECTO INVERNADERO • En la revista *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS* investigadores de la Universidad de California publicaron la existencia de un nuevo gas con efecto invernadero, hasta ahora no bien medido, no contemplado en el protocolo de Kyoto, con unos efectos 17.000 veces más potentes que los del dióxido de carbono, y una concentración atmosférica que se incrementa un 11% anual. Es el trifluoruro de nitrógeno, usado en la manufactura de pantallas LCD, ciertas células fotovoltaicas y microcircuitos. Su concentración atmosférica aún no es muy preocupante, pero debe tenerse en cuenta en cualquier política ambiental.

CLIMA Y CIVILIZACIONES • ¿Fue el mismo cambio climático el responsable de la caída del Imperio Romano, la dinastía china o la civilización maya? Hay bastantes datos geológicos y relatos que abonan la existencia de una gran sequía que asoló distintos lugares de la Tierra entre los siglos octavo y noveno después de Cristo y que pudo constituir la causa común, según se publicó en la revista *QUATERNARY RESEARCH*. La retirada romana y bizantina de Jerusalén ocurrió hacia el año 700, el final de la dinastía china Tang en el año 907 y el fin del imperio maya entre el 810 y 910.

INCENDIOS • Una investigación realizada por científicos americanos del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (NCAR) y de la Universidad de Colorado en Boulder ha revelado que los grandes incendios sucedidos en ciertos estados de EE.UU. han expulsado, a la atmósfera en pocas semanas tanto o más dióxido de carbono que el producido por el tráfico de vehículos de todo un año.

BAJADA DE NIVEL • La complejidad de los modelos utilizados en predecir el cambio climático y la multitud de factores que afectan o pueden afectar a este fenómeno hacen que se lleguen a muy diversas predicciones, muchas de ellas en clara oposición. Un ejemplo de ello es la disparidad de conclusiones obtenidas es la predicción que se hace del nivel del mar. Un informe científico reciente señala la posibilidad de que baje su nivel ya que es posible que el volumen de agua que los glaciares derretidos viertan al mar fuese contrarrestado por la acumulación de hielo en la Antártida, debido al cambio de las condiciones higrométricas del

aire y a que esos glaciares permanecerán aún bastante tiempo a temperaturas por debajo de los cero grados.

SUBIDA DE NIVEL • Una predicción radicalmente diferente respecto al cambio climático y el nivel de las aguas marítimas se publicó en la revista NATURE GEOSCIENCE. De acuerdo con los investigadores del Centro Nacional de Oceanografía de Southampton, en el Reino Unido, el verdadero máximo podría alcanzar los 1,63 metros, el doble de lo estimado por el IPCC, Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Sus cálculos se basan en lo sucedido en el denominado periodo interglaciar, 124.000 a 119.000 años atrás, cuando el clima de la Tierra era más cálido que el actual, debido a una diferente configuración de la órbita del planeta alrededor del Sol.

CLIMA E INSECTOS • En la historia de la Tierra el periodo PETM, o máximo termal eoceno-paleoceno, hace 55 millones de años, fue de un gran calentamiento para nuestro planeta. Una investigación sobre los fósiles de esa época, aparecida en la prestigiosa revista PNAS (febrero 2008) demuestra que en periodos de calentamientos como el analizado o como el previsible al que se dirige la humanidad, los daños producidos por los insectos son importantes ya que las plantas poseen menos nitrógeno y los insectos han de alimentarse con más material vegetal.

CLIMA Y PINGÜINOS • En este caso los efectos climáticos son ya actuales. Los dos millones de pingüinos King de las regiones sub-antárticas están siendo gravemente afectados por el cambio climático. Según publicó la revista PNAS (febrero 2008), tras 9 años de investigaciones, se ha concluido que por cada 0,26 °C de calentamiento de las aguas marinas la reducción de la población de pingüinos es del 9%, debido a las alteraciones producidas en su cadena alimentaria.

GLACIARES • En la revista SCIENCE se publicó la identificación, mediante observaciones con satélites, de cuatro glaciares antárticos que son una amenaza futura para la subida del

nivel del agua del mar. Los han identificado el equipo dirigido por el Dr. Andrew Shepherd, de la University of Edinburgh's School of GeoSciences, señalando que su efecto puede ser que el calentamiento produce en las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, que han sido las causantes de un aumento del nivel de mar de 0,35 milímetros por año durante la pasada década.

NUCLEAR • La energía nuclear es defendida por bastantes como la *menos mala* de las posibles soluciones a la crisis energética, al efecto invernadero y, por tanto al cambio climático. Pero las centrales nucleares necesitan arroyos o ríos de agua para enfriamiento. En Estados Unidos existen 104 centrales nucleares pero 24 de ellas están ubicadas en zonas de Alabama, Georgia, Tennessee, North Carolina and South Carolina tan castigadas por la sequía que las aguas de sus ríos no son suficientes para enfriarlas por lo que es posible que hayan de cerrarse temporalmente

BIOCOMBUSTIBLES • El tema de los biocombustibles es de gran actualidad tanto por su interdisciplinariedad como por los importantes aspectos de su investigación y el enorme aumento de su producción y uso. Con motivo del 30th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, celebrado en New Orleans, se anunció oficialmente el lanzamiento de una revista *on-line*, con revisores, interdisciplinar y de acceso libre con el título de Biotechnology for Biofuels, (<http://www.biotechnologyforbiofuels.com/>) auspiciada por el reputado portal biomédico BioMed Central.

ACCIÓN SOLAR • La Fundación Acción Solar (www.accion-solar.org), es una asociación sin ánimo de lucro que tiene como fines impulsar, difundir y promover el desarrollo de las energías limpias y renovables, especialmente la solar. Dedicada a promover y divulgar todo lo relacionado con las energías renovables, cuenta con un excelente portal web cuyos contenidos recogen divulgaciones, investigaciones, noticias, reglamentaciones, colecciones didácticas, monografías y un largo etcétera.

SOLAR TÉRMICA • En el portal de Internet de la Fundación Acción Solar

(www.accion-solar.org) se puede encontrar un instructivo video sobre la energía solar térmica, pero sobre todo una práctica monografía de 20 páginas altamente recomendable para conocer las posibilidades de las placas con diversas variantes de esta tecnología que están a nuestro alcance y cuya implantación generalizada produciría unos ahorros enormes energéticos y una gran disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.

BIOCOMBUSTIBLES • Ladislav Miko, director de Protección del Medio Natural de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, ha alertado sobre el hecho de que introducir en Europa cultivos destinados a la fabricación de combustibles, hará que especies y semillas que antes no se encontraban en el continente estén presentes y que ello supone un riesgo de invasión que podría ser una grave amenaza para la biodiversidad.

ESPERANZAS ENERGÉTICAS • Las proporcionadas por la tecnología de los paneles termodinámicos producidos en el norte de Portugal con tecnología hispano-portuguesa y que ya cuenta con más de 2.000 instalaciones realizadas. Usan el refrigerante R134-A, han fabricado 12.000 paneles en el año 2007 y este año el aumento será del 30%. Combinando los conceptos de placa solar y bomba de calor se obtienen mejores rendimientos, con la ventaja de que los paneles pueden operar en la oscuridad o sin necesidad de orientaciones ni de colocaciones especiales.

EFICIENCIA FOTOVOLTAICA • El costo sigue siendo la principal dificultad de la energía fotovoltaica. Por ello cualquier mejora en su rendimiento es un gran paso adelante. Una investigación conjunta de la Universidad Técnica de Eindhoven y del Instituto Fraunhofer ha logrado una mejora con una capa ultrafina de óxido de aluminio ubicada en la parte frontal de la célula, que logra mejorar su rendimiento. Se espera que dentro de diez a quince años el precio de la electricidad generada por las células solares sea comparable al de la “electricidad convencional” obtenida de los combustibles fósiles.

NUCLEAR, SI • China aumentará su capacidad nuclear entre seis y 10 veces durante

los próximos 20 años. El gigante asiático tiene una decena de reactores nucleares en funcionamiento, y consigue de ellos el 2,3 por ciento de su energía, esperando elevar ese porcentaje hasta el 4 por ciento (unos 40.000 megavatios) hacia 2020, con más de 30 reactores. Según Zheng Mingguan, vicepresidente del *Instituto para la Investigación y el Diseño de Ingeniería Nuclear* de Shanghai “Tanto las necesidades para (satisfacer) el consumo de energía como para la protección del medio ambiente son urgentes, y la energía nuclear es la elección más adecuada para ambas”.

ECOLOGÍA Y DIVORCIOS • El gran incremento de la proporción de divorcios también tiene su costo ambiental en los países desarrollados tal como demuestran algunas recientes investigaciones. Las de los drs. Yu y Liu, en PNAS, han confirmado que ello favorece el mayor número y menor tamaño medio de los hogares, pero además que en éstos los recursos energéticos se usan menos eficazmente, de modo que al escoger, entre 12 países estudiados, Estados Unidos, se concluyó que en el año 2005 ello supuso un gasto adicional de 73 mil millones de kw-h, y bastantes hectómetros cúbicos de agua, así como 38 millones de habitaciones extra que acondicionar térmicamente, y que el incremento medio personal del gasto energético es del 50%.

PERCLORATO • Los percloratos son sustancias químicas ampliamente utilizadas o producidas industrialmente, entre otras funciones como fertilizantes y mezclas propulsoras. Ya se habían localizado indicios en agua potable y alimentos. Una investigación reciente publicada en la revista científica PNAS indica su presencia en la leche de ratas lactantes y aclara su mecanismo de acción. Las ratas lactantes pasan el contaminante a sus descendientes y ello se puede traducir en problemas en el transporte de yodo al tiroides lo que afectaría a las hormonas tiroideas esenciales para el desarrollo del organismo en estados cruciales. La posible extrapolación humana es inmediata.

CONTAMINACIÓN • La contaminación del aire constituye una amenaza cardiovascular incluso en países con poca densidad de población como Canadá. Algunos datos (febrero 2008) achacan a esta causa unas 6.000 muertes anuales en Canadá, de ellas más de

4.000 por problemas cardiovasculares, estimándose que más de un 30% de la población está expuesta a niveles demasiados altos de micropartículas gaseosas contaminantes.

SUPERLIMPIEZA PELIGROSA • De acuerdo con la investigación *Avon Longitudinal Study of Parents of Children* (ALSPAC, también conocida como niños de los 90) con el seguimiento de 16.000 casos, investigadores de la Universidad de Brunel, en Londres, han encontrado que las mujeres que utilizan demasiados productos de limpieza caseros durante su embarazo o poco antes de dar a luz, tienen niños que poseen un considerable aumento de complicaciones alérgicas y de sufrir asma.

EFFECTO INVERNADERO • En California se ha iniciado una discusión que puede extenderse a muchos lugares del mundo. Se trata de una propuesta para crear un impuesto generalizado para industriales, comerciantes e incluso para pequeños establecimientos comerciales que guarde relación directa con la cantidad anual de gases de efecto invernadero producidos en cada caso, con una cuantía de 4,2 céntimos de dólar por tonelada de dióxido de carbono. ¿Se generalizará la idea?

BALANCE • Respecto a las cuantías del balance comercial de *agua virtual*, la situación de países cercanos en su geografía y desarrollo puede ser muy distinta. Mientras que Holanda, Alemania, Italia y España figuran entre los diez primeros países importadores de agua virtual del mundo, Francia ocupa el 8º puesto mundial de países exportadores (unos 90.000 hectómetros cúbicos). El primer puesto exportador es el de Estados Unidos, con casi 800.000 hectómetros cúbicos. En cuanto a España, importa anualmente cerca de 85.000 hectómetros cúbicos de agua virtual.

HUELLA HÍDRICA EXTERNA • La huella hídrica externa representa el 16% del total de la *huella hídrica* mundial y las diferencias entre unos y otros países son enormes en este aspecto. Algunos países africanos, como Chad, Etiopía, Malawi, Mali, Nigeria y Sudán tienen muy poca huella hídrica externa, porque apenas importan productos. Por el contrario, países europeos como Italia, Alemania, Reino Unido u Holanda poseen una huella externa

que representa del 50% al 80% de su huella hídrica total. Un total de ocho países –India, China, Estados Unidos, Rusia, Indonesia, Nigeria, Brasil y Pakistán– contribuyen, en conjunto, a la mitad de la huella hídrica mundial.

RENTABILIDADES • Una buena gestión del agua llevaría consigo favorecer su uso preferente donde sea más rentable y para los cálculos correspondientes los conceptos de agua virtual y de huella hídrica son esenciales. A tal fin es significativo que el agua virtual para un kilo de cítricos equivalga a 1 metro cúbico mientras que la de un kilo de cereales sea casi el doble, o que el valor para un kilo de ave es de 6 metros cúbicos, que se dispara hasta los 15 metros cúbicos para un kilo de vacuno, lo que representa, en este último caso, el consumo medio doméstico de agua durante diez meses de una persona.

CO₂ • Científicos de la Universidad de Almería, liderados por Gabriel Acién, realizan el proyecto de investigación CENIT CO₂, para el desarrollo de nuevos sistemas eliminadores de las emisiones de CO₂ que se pasan por unos tanques donde es consumido gracias a la actividad fotosintética de ciertas algas. El proyecto está patrocinado por ENDESA, al amparo del Ministerio de Industria y se realiza en la estación experimental de Las Palmerillas, propiedad de Cajamar.

CHINA, CONTAMINACIÓN, NIÑOS • Frederica P. Perera es una prestigiosa doctora y catedrática de Ciencias Ambientales de la Salud del Columbia Center for Children's Environmental Health. Ha investigado en China la relación entre los altos niveles de contaminación y la salud infantil y en un artículo de la revista SCIENTIFIC AMERICAN resume la situación existente. Aunque aún no se han desarrollado suficientes biomarcadores los datos existentes muestran la correlación existente entre esos factores y que afectan, sobre todo al periodo del embarazo, provocando complicaciones en el desarrollo fetal, el desarrollo neural e, incluso, cambios epigenéticos.

CONTENIDOS • He aquí el *agua virtual* (litros) correspondiente a algunos consumos

de productos habituales: vaso de cerveza (250 ml): 75; vaso de leche (200 ml): 200; taza de café (125 ml): 140; taza de té (250 ml): 35; porción de pan (30 g): 40; porción de pan (30 g) con queso (10 g): 90; patatas (100 g): 25; manzana (100 g): 70; camiseta de algodón (talla media, 500 g): 4100; 1 hoja de papel A4 (80 g/m²): 10; vaso de vino (125 ml): 120; vaso de zumo de manzana (200 ml): 190; vaso de zumo de naranja (200 ml): 170; bolsa de patatas fritas (200 g): 185; huevo (40 g): 135; hamburguesa (150 g): 2.400; tomate (70 g): 13; naranja (100 g): 50; un par de zapatos (piel de vacuno): 8.000; microchip (2 g): 32.

LONGEVIDAD • Desde hace 70 años se sabe que en los seres vivos la restricción calórica aumenta la longevidad. ¿Cómo? Lo revela un artículo que se publica en el número del 21 de la revista CELL. La restricción calórica (también lo hace el ejercicio) provoca unas señales que activan a un gen (NAMPT), lo que hace que se incrementen los niveles de coenzima NAD dentro de las mitocondrias, lo que, a su vez, activa los efectos de los genes de sirtuínas y el resultado son mitocondrias mayores y mejores energéticamente y un envejecimiento más lento.

RAYOS UVA • Se celebró en Sapporo, Japón, la *International Pigment Cell Conference*. El congreso se ha hecho eco de una iniciativa, auspiciada por las dos sociedades científicas mundiales más importantes sobre melanomas, instando a los poderes públicos sobre “la necesidad de regular el uso y de transmitir adecuadamente a la población el conocimiento de los riesgos del desarrollo de cánceres cutáneos como consecuencia de la utilización de los dispositivos de bronceado basados en rayos UVA”, añadiendo que la comunidad científica deplora la distorsión que se hace de la investigación científica para obtener beneficios económicos e insistiendo que se está poniendo en peligro la vida de muchas personas, incluyendo las de muchos jóvenes.

AGUA POTABLE • En los países subdesarrollados poder contar con suficiente agua potable es uno de sus más graves problemas. Los métodos empleados comúnmente para tratar el agua (cloración y/o exposición a la luz ultravioleta) suelen ser costosos y afectar al sabor y al olor del agua. Unos ingenieros de la Universidad Duke han utilizado una nueva aproximación

diferente para la eliminación de los microorganismos contaminantes. Se trata de anular su material genético usando unos pequeños trozos de ARN interferentes específicos. Las primeras pruebas, realizadas contra hongos han obtenido éxito.

CORAZÓN Y CEREBRO • La revista EUROPEAN HEART JOURNAL, órgano oficial de la *European Society of Cardiology* publicó un estudio realizado sobre cerca de 6.000 personas de edad media en el que se concluía que las enfermedades cardíacas están asociadas a un peor rendimiento de procesos mentales, como el razonamiento, vocabulario o fluidez verbal, además de que cuando más larga es la enfermedad cardíaca ese deterioro cerebral resulta incrementado.

ALIMENTACIÓN Y SALUD

CHICLES Y SALUD

EN EL NORTE DE EUROPA SE HAN ENCONTRADO TROZOS DE RESINAS ARBÓREAS PREHISTÓRICAS con impresiones dentales humanas que datan de 7.000 a 2.000 años antes de Nuestra Era, es decir, de la Edad de Piedra a la Edad de Bronce. Las impresiones de las mordidas sugieren que la mayoría de los mascaradores tenían entre seis y quince años de edad. La deducción es clara: nuestros antepasados acostumbraban a mascar esas resinas.

HISTORIA • Los griegos mascaban la resina del lentisco, los indios norteamericanos la resina del abeto y los mayas y aztecas el chicle o goma natural lechosa extraída mediante incisión del árbol sapodilla, zapotillo o chicozapote, cuyo nombre científico es *Manikara zapota*. En su estado natural, casi no tiene sabor y es muy difícil de masticar.

Es curiosa la relación que hace respecto al hábito de mascar fray Bernardino de Sahagún (1500-1590) en su HISTORIA GENERAL DE LAS COSAS DE NUEVA ESPAÑA: “El chapopotli es un betún que sale de la mar ... para que la puedan mascar, mézclanla con el axin, con el cual se ablanda... la mayor parte de las que lo mascan son las muchachas y mozas que ya son adultas y mujeres; pero no lo mascan todas en público, sino las solteras y doncellas, porque las casadas y viudas, dado caso que lo masquen, no lo hacen en público sino en sus casas; y las que son públicas mujeres, sin vergüenza alguna, lo andan mascando en todas partes.... La causa porque las mujeres mascan el txictli es para echar la reuma, y también porque no les hieda la boca o porque el mal hedor que ya tienen no se sienta, y por aquello sean deshechadas. Los hombres también mascan el txictli para echar la reuma, y para limpiar los dientes; empero hácenlo en secreto...”.

En 1846, el estadounidense John Curtis fabricó y comenzó a vender con éxito la primera goma de mascar, fabricada con resina de abeto y parafina y, en 1869, el dentista William Finley Semple hizo la primera patente de una goma de mascar esperando que su uso mantuviera la dentadura limpia.

Fruto de la serendipia, el desarrollo industrial del chicle comenzó en los EE.UU. en el último tercio del siglo XIX. El general Antonio López de Santa-Anna, vencedor de El Alamo,

había conocido en México, hacia 1860, al fotógrafo Thomas Adams. Posteriormente exiliado en Nueva York, se alojó en la casa de Adams y le ofreció una tonelada de chicle para que intentase fabricar neumáticos con chicle. Adams procuró procesar el chicle para convertirlo en un sustituto del caucho para juguetes, botas impermeables y llantas de bicicleta, pero todos sus experimentos fracasaron. Cuando iba a tirar la mercancía al ver a una niña comprar parafina para mascar y recordar que él mismo durante sus experimentos había mascado chicle, ideó mezclar la resina con parafina. Adams y su hijo Tom, prepararon unas cuantas cajas de goma de mascar de chicle, poniéndoles un nombre: Adams New York nº 1. El resultado era un producto muy agradable, masticable y globizable, que terminó triunfando en el mercado norteamericano.

EVOLUCIÓN • El primitivo chicle era insípido, y hubo que esperar a que en 1880 William J White consiguiera crear una goma de mascar de menta lo que fue el inicio de una serie de variantes de diversos orígenes: regaliz, tutti frutti, fruta, etc. Los chicles bomba hinchables se inventaron, también por serendipia, en 1906. Aunque la goma de mascar se volvió popular en los Estados Unidos, en el resto del mundo no fue conocido hasta la Segunda Guerra Mundial, cuando los soldados de EE.UU., la popularizaron en todo el mundo.

En la década de los 50 se reemplazó la resina natural por otra sintética no biodegradable hecha con un polímero sintético derivado del petróleo, acetato de polivinilo, insípido e inodoro (fase insoluble o goma base) al que se le agregaban diferentes saborizantes, endulzantes y colorantes naturales o artificiales.

¿Por qué los chicles son tan pegajosos? Cyprien Gay, físico del Centro Nacional de Investigaciones de Francia, junto a Luwik Leiber de la compañía Elf Atochem, han investigado esta cuestión que tiene gran interés práctico si tenemos en cuenta la cantidad de residuos de chicles pegados que cada día se depositan en calles, avenidas o sitios más insospechados y lo costoso de su eliminación. La mayoría de los adhesivos producen enlaces químicos con las superficies sobre las que se esparcen, pero no así la de los chicles masticados que, por suerte, no se unen químicamente a los dientes. La goma de mascar debe sus pegajosas propiedades a razones estrictamente físicas. La principal teoría que explicaba este fenómeno era la Van der Waals, basada en la pequeña atracción eléctrica entre moléculas no cargadas. Sin embargo, esta teoría sólo sería una justificación parcial. La responsabilidad de la adherencia recae en las burbujas microscópicas que se forman en la goma de mascar. Al tirar del material las bolitas de

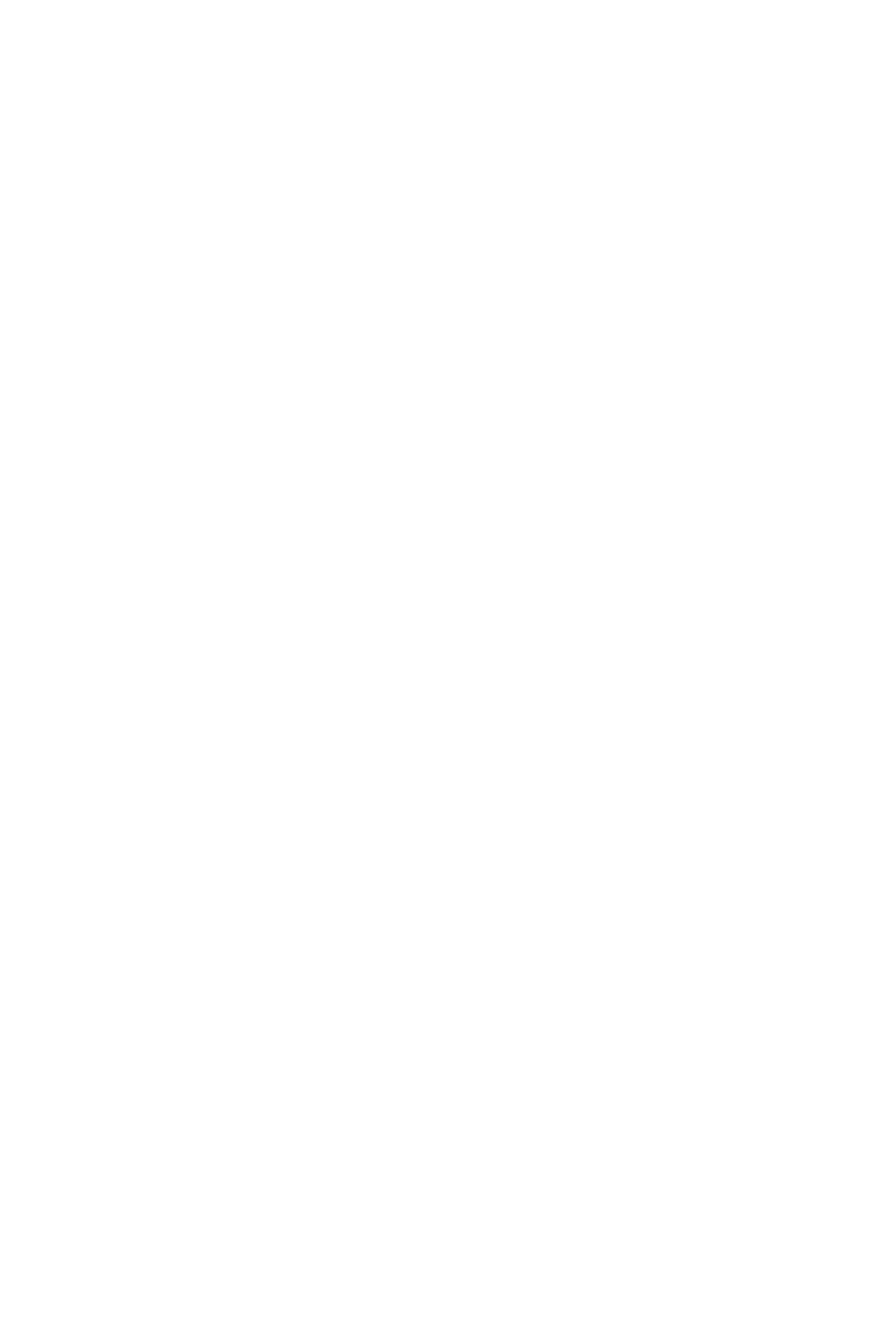
aire atrapadas en el chicle producen miles de pequeños efectos de vacío que impiden arrancarlo de la superficie de apoyo. Cuando la fuerza continúa en aumento lo que sucede es que las burbujas comienzan a fundirse en una sola, disminuye la superficie en contacto con el material y el chicle termina despegándose.

SALUD • Mascar chicles se ha asociado a diversos efectos adversos, causados en la mayoría de los casos por los aditivos, como endulzantes, sabores artificiales y preservantes, más que por la goma misma. También con beneficios: los chicles sin azúcar estimulan la salivación y neutralizan la acidificación post comidas; los que contienen xilitol contrarrestan el decaimiento dental; los mentolados ayudan a desatascar los pasajes nasales; la adición de nicotina ayuda a luchar contra el tabaquismo y si además llevan cafeína luchan contra el aumento de peso; el consumo energético de 12 calorías/hora (14 vatios) de la masticación significa que si una persona dedicara a ello todas las horas de vigilia de un año perdería 5 kilos, etc.

Pero, recientemente, otras interesantes posibilidades de uso han emergido: anticaries; antiobesidad; disfunción eréctil; potenciación y protección neuronal. Comentemos algunas.

Datos de la OMS indican que más de cinco mil millones de personas en el mundo sufren caries. Científicos de la empresa alemana BASF publicaron el año pasado en la revista *BRITISH DENTAL JOURNAL* el aislamiento de un organismo probiótico *Lactobacillus anticaries* (muy parecido a los lactobacilos naturales del yogurt) que adicionado a chicles suministrados a voluntarios reducían la concentración en la boca de *Streptococcus mutans*, la principal bacteria responsable de las caries. Los excelentes resultados obtenidos hacen que la empresa anuncie que la comercialización de los chicles anticaries se hará inmediatamente.

Más sorprendente ha sido la relación con la mejora en la atención y la memoria. El Dr. Onozuka y sus colegas, de la Universidad de Gifu usando ratones transgénicos, técnicas de RMN cerebrales y pruebas psicológicas concluyeron que la masticación, por la posible estimulación de hormonas que reducen el estrés, ayudaba a memorizar y a aprender. Y, científicos de la Universidad británica de Northumbria hallaron en humanos que los masticadores de chicle mostraban mejoras en las pruebas de memoria entre 25-36% superiores que los grupos controles, sugiriendo varias posibles explicaciones fisiológicas al hecho, algunas de ellas relacionadas con una mayor oxigenación cerebral.





STOP

NUESTROS CIRCUITOS CEREBRALES DECIDEN CUÁNTO COMEMOS

EL PROFESOR LEHNINGER, GRAN BIOQUÍMICO AMERICANO, especialista en bioenergética y autor de los más divulgados libros de textos de Bioquímica en el mundo, solía repetir, referido a la Nutrición humana y a sus aspectos energéticos, que no había magias ni brujerías que pudieran sustraer al ser humano de las sempiternas reglas de la Termodinámica, lo que en términos entendibles significa que se gana peso, biomasa, siempre que la ingesta calórica supere al gasto y, si sucede lo contrario, se perderá biomasa.

EL PÉPTIDO PYY • Globalmente, nuestra homeostasis energética está controlada por dos clases de señales: las gastrointestinales de plazo corto y las hormonas adipocíticas de plazo largo y esas señales pueden afectar a las ya citadas magnitudes modificables, la ingesta, muy relacionada con el apetito, a su vez regulado y controlado por múltiples factores, entre ellos complejos circuitos cerebrales y sus neurotransmisores, y el gasto energético y su distribución entre trabajo útil y calor, que también depende de complejos factores que van desde la cuantía del esfuerzo físico realizado hasta los más íntimos factores moleculares relacionados con el acoplamiento de procesos bioquímicos tales como la respiración mitocondrial y la fosforilación oxidativa.

En esta sección científica divulgadora nos hemos ocupado en los pasados años de la relevancia que tienen en el control del apetito ciertas regiones de nuestro cerebro y algunos miembros de la familia de los llamados péptidos Y, más concretamente del **neuropéptido Y**. Dos investigaciones recientes nos dan la oportunidad de revisar la situación y las perspectivas de la aplicación farmacológica de los conocimientos que estamos adquiriendo al respecto.

Entre esos péptidos Y se encuentran tres relacionados con el apetito: el PYY o **péptido tirosina tirosina**, el ya citado NPY o **neuropéptido Y** y el PP o **péptido pancreático**. Poseen los tres una secuencia no muy larga de aminoácidos y grandes homologías entre sí. El PYY, con 33 aminoácidos de longitud, está siendo investigado desde hace años por el grupo de la científica inglesa Dra. R. L. Batterham, siendo una hormona producida por las células endocrinas del

intestino pero que se reconoce en el cerebro (y en otros órganos y tejidos, entre ellos el propio intestino) a través de receptores proteínicos específicos. Por ello se dice que PYY simultáneamente actúa de modo endocrino (en la lejanía del lugar de su producción) y de modo paracrina (en la cercanía). La acción biológica de PYY, liberado tras una ingesta calórica, incluye la inhibición de la motilidad intestinal y de las secreciones digestivas pancreáticas e intestinales, reguladas por las vías nerviosas central y periférica. Así, al igual que sucede con la leptina –una hormona adipocítica– el PYY modula el apetito actuando sobre algunos circuitos de nuestro hipotálamo cerebral, tal como ha venido demostrando la Dra. Batterhan desde el año 2002. Pero aunque la leptina produce una reducción del apetito tras una ingesta alimenticia, el problema es que la población obesa desarrolla resistencia a la leptina por lo que su uso farmacológico queda en entredicho. Sin embargo, en el caso del PYY los obesos producen menos cantidad del péptido que las personas normales, y responden a la administración externa de PYY con una reducción de su ingesta alimenticia.

POSIBILIDADES • En búsqueda de posibles aplicaciones farmacológicas para controlar el apetito, en la Universidad americana de Cincinnati se vienen sintetizando e investigando análogos del péptido PYY. Por ello no es de extrañar que una empresa farmacéutica, la Natesth Pharmaceutical Company, Inc. haya adquirido los derechos a todas las posibles patentes y aplicaciones relacionadas con este péptido o sus análogos en relación con obesidad, supresión del apetito, reducción de la ingesta alimenticia, pérdida de peso, etc.

Diversas investigaciones están aclarando el mecanismo de acción molecular del PYY. Se sabe que núcleo arcuato del hipotálamo monitoriza e integra las señales metabólicas y hormonales relacionadas con el mantenimiento de la homeostasis (la conservación) energética y lo que el grupo suizo del Dr. Riediger de la Facultad de Veterinaria de Zurich, ha comprobado es que uno de los papeles del PYY es inhibir en ese núcleo arcuato la actividad de la ghrelina, que es otra hormona peptídica estomacal que, en situación de baja ingesta energética, estimula a ciertas neuronas del núcleo arcuato incitando a una mayor ingesta calórica.

NOVEDADES • La primera se refiere al NPY, **neuropéptido Y**. Recientemente la revista NATURE MEDICINE publicaba una investigación internacional liderada por la Dra. Zukowska, de la Universidad americana de Georgetown, relacionando a este regulador neuro-

nal, estimulante de la ingesta, con la obesidad inducida por el estrés en ratones. Los ratones se sometieron a situaciones de estrés crónico, como colocarlos en agua fría durante una hora al día o enjaularlos con ejemplares agresivos. Se les administró dos tipos de alimentación, una dieta normal y otra con altos niveles de grasa y azúcar, similares a los de la «comida basura» humana cada vez más consumida en países industrializados. Tras dos semanas, los ratones sometidos a estrés y mala alimentación engordaron significativamente. Acumularon hasta el doble de grasa que los ratones sin estrés a los que se les suministró la misma dieta hipercalórica. La secuencia de acontecimientos parece ser que se inicia con el estrés físico o emocional, que favorece que se libere una mayor cantidad de cortisol, una hormona bien caracterizada del estrés. Ello provoca que el NPY de los nervios periféricos actúe directamente sobre el tejido adiposo y la consecuencia es la aparición de obesidad. Sin embargo, el bloqueo de los receptores de NPY en las células grasas o adipositas anula su acción y ello evita la ganancia de peso. Las patentes correspondientes a los bloqueadores de los receptores de NPY ya están en marcha así como las negociaciones con algunas compañías farmacéuticas interesadas, barajándose la posibilidad de iniciar los estudios humanos en unos dos años.

La segunda publicación, más reciente, vuelve a tener como protagonistas a la Dra. Batterham y a la **hormona PYY**, responsable de controlar la actividad cerebral que gobierna nuestro comportamiento en la mesa, a través de su acción sobre los circuitos del cerebro que “deciden” cuánto comemos y cuánto nos gusta lo que ingerimos. Previamente citamos la relación entre PYY y las regiones homeostáticas del cerebro (hipotálamo y tallo encefálico), pero lo que no se sabía era cómo esta hormona regulaba la saciedad en los humanos.

En el experimento participaron ocho personas de peso normal. Después de catorce horas sin comer, a la mitad se les suministró suero intravenoso con PYY durante cien minutos, mientras los demás recibieron placebo. Treinta minutos más tarde, se les propuso que comieran todo lo que quisieran, encontrando que todos los que recibieron PYY ingirieron un 25 por ciento menos calorías que el resto. Usando resonancias magnéticas cerebrales, el equipo descubrió que la PYY no sólo interfiere en las primitivas partes homeostáticas del cerebro, sino que actúa en las regiones cortico-límbicas, que determinan cuánto de gratificante y placentero es lo que ingerimos, concretamente en la corteza orbitofrontal del cerebro y cuanto más actividad hay en esta área, menos ganas se tienen de comer.

Según Batterham, el próximo paso será investigar si lo descubierto funciona igual en personas con sobrepeso o muy delgadas, a fin de desarrollar las correspondientes aplicaciones farmacológicas.

TEQUILA Y CIENCIA

MÉXICO ES ORIGEN DE DELICIAS CULINARIAS tales como el chocolate, la vainilla, el tomate o los pavos. También del tequila. Para los antiguos pobladores de México la diosa Mayahuel representaba la fecundidad de la tierra y creían que convertida en maguey (el agave típico de México, considerado por ello sagrado) les había ofrecido los dones de su subsistencia, en forma de su dulce aguamiel. Posiblemente lo sucedido fue que durante una tormenta cayeron varios rayos sobre un campo de agaves, cociendo el corazón de los mismos, transformando sus hidratos de carbono en un dulce jugo que los mexicas atribuyeron a un don de su diosa.

TEQUILA • Parece que la palabra tequila proviene del nombre de las tribus ticuilas que habitaban cerca de la ciudad de Tequila, donde se registró su primera producción comercial; otro posible origen es del náhuatl tequitl. También cuenta otra leyenda que algunos indios nahuatlecas que habitaban en lo que hoy es Jalisco, cocían los agaves en hornos bajo tierra y que, después de macerarlos con piedras y fermentarlos con agua, obtenían un licor fuerte y muy apreciado. Lo cierto es que, con la llegada de los españoles, el jugo fermentado del agave se destiló en aparatos de cobre, obteniendo un aguardiente espeso que fue de su gusto. Por orden del Corregidor de Nueva Galicia, en 1758, se le adjudicaron a la familia Cuervo extensas tierras en la finca de Villoslada, Jalisco y, en 1795, obtuvieron del rey de España la primera concesión para producir tequila.

El agave o maguey necesita un clima semidesértico para su desarrollo y tarda en madurar cerca de 10 años, floreciendo una sola vez en su vida. Una vez que está maduro la jima consiste en cortar las hojas de la planta hasta la base, para así dejar libre su corazón o piña, que se arranca por el jimador con un instrumento llamado coa. Las piñas pueden pesar entre 20 y 90 kilogramos y tras cortarlas por la mitad se cuecen a presión con vapor de agua para convertir los azúcares en sustancias fácilmente fermentables. Una vez cocido el agave, se muele y convierte en pasta y se le extraen los líquidos o mieles que se separan del bagazo. El jugo se puede mezclar con azúcares de caña, hasta alcanzar un 49 por ciento del total, antes de la fermenta-

ción, en la cual los azúcares se transforman en etanol y otros compuestos, que generan el sabor y el olor característicos del tequila.

El género *Agave* posee dos subgéneros: *Littaea* y *Agave* propiamente dicho. El primero sirve de ornato, mientras que el segundo se cultiva para elaborar bebidas fermentadas (pulque) y destiladas (tequila y mezcal). Aunque existen alrededor de 250 especies de agave, de los cuáles 150 crecen en México, solamente 9 son cercanos a la variedad Azul Tequilana Weber, la única utilizada para la elaboración del autentico tequila. Esta planta es exclusiva de todo Jalisco, 6 municipios de Guanajuato, 8 de Nayarit, 30 de Michoacán y 11 de Tamaulipas.

PROBLEMAS • Aunque en los últimos años la demanda de tequila se ha incrementado mucho en el mundo, el cultivo del agave ha sido severamente castigado por enfermedades, siendo la más importante la pudrición de la raíz o fusariosis, una enfermedad fúngica que llegó a afectar a 40 millones de plantas. Por otra parte, algunas bacterias como la *Erwina carotovora*, también han atacado los cultivos que, en Jalisco, llegaron a estar infectados en más del 22%. Otro problema de los últimos tiempos es que los agricultores encuentran más rentable el cultivo de maíz transgénico, en lugar de agave, con el fin de destinarlo a la producción de bio-combustibles.

El ciclo de vida del agave azul es muy largo (8-12 años) y se propaga por medio de *hijuelos*, genéticamente iguales a la planta madre. Esta forma de multiplicación hace que las plantas actuales sean idénticas a las de nuestros antepasados, presentando una gran uniformidad genética que es buena porque permite preservar la calidad del tequila al provenir de plantas homogéneas pero, a la vez, es mala porque todas las plantas poseen la misma susceptibilidad a las plagas y enfermedades lo que implica que un patógeno puede infectar una plantación a gran velocidad.

CIENCIA • Los científicos mexicanos se han entregado a la tarea de buscar soluciones. Entre las líneas de investigación abordadas se encuentran:

En el *Centro de Investigación y Diseño* del estado de Jalisco (Ciatej), los especialistas están dedicados a obtener variedades genéticas de agaves que sean resistentes a bacterias como la *Erwina carotovora*.

La producción de levaduras que aceleran la fermentación del tequila. En ese mismo cen-

tro se ha creado una levadura con la que el proceso de fermentación del tequila, en lugar de tardar 10 días, se reduce a 44 horas.

La secuenciación de los genes del tequila, en el *Cinvestav Irapuato*. La finalidad es incrementar la cantidad de azúcares de la planta para producir más tequila y de mejor calidad.

La producción de agaves transgénicos de rápida maduración. En colaboración con una de las principales empresas tequileras, los científicos guanajuatenses ya han creado un agave transgénico que madura más rápido y es resistente a enfermedades.

En el *Centro de Investigación y Estudios Avanzados* (Cinvestav) de Irapuato se desarrollan modernas técnicas moleculares para diferenciar los tequilas elaborados con agave weber azul de las imitaciones.

Uso de las matemáticas para elaborar muestreos estadísticos con lo que las empresas pueden conocer, hasta con 10 años de anticipación, cuántas toneladas de agave estarán disponibles y cuáles serán los probables riesgos de la producción.

De acuerdo con Eulogio Pimienta Barrios, investigador de la *Universidad de Guadalajara*, uno de los grandes retos que deberá afrontar el agave en los próximos años, será el del cambio climático. Acorde con los resultados previos conocidos de más de 10 años, el agave cultivado en zonas cálidas conserva menos cantidad de azúcares que los de zonas templadas, por lo que el calentamiento global podría originar una disminución de este producto y de la calidad del tequila.

Y, para finalizar, una noticia reciente y esperanzadora. Científicos mexicanos de la Universidad de Guadalajara han anunciado que han encontrado en el agave azul un polisacárido, fructano, útil para elaborar microesferas que podrían servir para transportar de forma segura al colon, atravesando el estómago sin afectarse, sustancias activas de medicamentos utilizables para combatir padecimientos que afectan a este órgano, tales como el cáncer, úlcera y colitis.

HISTORIAS DE PIRÁMIDES

DIVERSOS ESPECIALISTAS ALERTAN DE QUE LA PRINCIPAL CAUSA DE MUERTE en el mundo se debe a una Nutrición inadecuada. Y el origen de ello no sólo es lo obvio, es decir, hechos como que la desnutrición favorece las enfermedades de todo tipo, sino lo contrario como son el exceso de peso de una parte importante de la humanidad o el desequilibrio en la ingesta de los diferentes grupos de alimentos. De ahí el interés de los poderes públicos en dar consejos para que los ciudadanos consigan una mejor alimentación. Y su propósito por hacerlos atractivos y fáciles de entender y seguir.

DIETAS Y PIRÁMIDES • La dieta es el conjunto de alimentos que ingerimos a lo largo de un tiempo determinado, habitualmente un día. Una dieta equilibrada debe contener la adecuada proporción de alimentos ricos en nutrientes energéticos, estructurales y catalíticos para que solucionen todas nuestras necesidades. No existe ningún alimento que contenga todos los nutrientes en la exacta proporción requerida por nuestro organismo por lo que la dieta equilibrada o saludable debe ser variada, para que pueda aportar todos los nutrientes necesarios, de un modo suficiente y agradable.

Los alimentos suelen poseer composiciones complejas de nutrientes. ¿Qué alimentos escoger para que la dieta resultante sea equilibrada? Existen varias soluciones y aproximaciones. Una llamativa y gráfica es la de las pirámides alimenticias saludables. Como su nombre indica, se trata de una representación piramidal de los alimentos de la dieta, distribuidos en varios pisos, de modo que los situados más cercanos al vértice superior son los de ingesta más ocasional, mientras que los más frecuentemente consumidos deben ser los emplazados en la base de la pirámide.

En la Pirámide española propuesta por la SENC, *Sociedad Española de Nutrición Comunitaria*, en el año 2004 (<http://www.nutricioncomunitaria.com/>) en la base de la pirámide están los alimentos que se pueden y deben consumir diariamente. Ahí están las patatas, cereales y sus derivados, verduras, hortalizas, frutas, leche y sus derivados, y por último, la novedad del aceite de oliva. Después, aparecen los que deben tomarse alternativamente varias

veces a la semana que son las legumbres, frutos secos, pescados, huevos y carnes magras. Por último, en la cúspide, se encuentran los alimentos que sólo hay que comer de forma ocasional, concretamente carnes grasas, pastelería, bollería, azúcares y bebidas refrescantes.

Según estas recomendaciones de la SENC en el grupo de alimentos patatas, arroz, pan y pasta se deben consumir 4-6 raciones diarias (un plato normal, un panecillo, 1 patata grande, etc. serían modelos de raciones). Del grupo verduras y hortalizas más de dos raciones diarias (plato de ensalada, de verdura, 1 tomate, etc., como ejemplos de raciones). En el grupo de frutas, 3 o más raciones diarias (la ración se corresponde a un tamaño mediano). En lácteos, 2 a 4 raciones diarias (vaso de leche, 2 yogures, 3 lonchas de queso, etc.). Pescados 3-4 raciones semanales (125-150 g cada ración). En carnes, y huevos, 3-4 raciones semanales (1 filete pequeño, 1 huevo). De legumbres, 2-4 raciones a la semana (platos normales) y de frutos secos 3 a 7 raciones semanales (una ración equivale a un puñado). De embutidos y carnes grasas sólo un consumo muy ocasional, al igual que de dulces.

¿Pero, cuál es la historia de las pirámides alimentarias?

MI PIRÁMIDE • Hay que remontarse al año 1992, cuando el gobierno americano, sensibilizado por el problema, a través del USDA, siglas en inglés para el *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*, presentó unas recomendaciones sobre alimentos en la forma conocida como la Pirámide alimenticia. En forma de distintas bandas horizontales establecía las cantidades que una persona debería consumir de los diferentes grupos principales de alimentos. Las grasas y dulces estaban en la parte superior más reducida de la pirámide. Luego se situaban los productos cárnicos y lácteos, con un consumo recomendado de dos a tres raciones diarias. Le seguían las verduras y frutas con cinco a nueve raciones, y en la parte más ancha estaban el pan, el arroz y las pastas, con seis a once raciones. Como se ve, la unidad de medida era la ración, un concepto no demasiado preciso,

En 1995 el USDA presentó MY PYRAMID (existe una versión en español, “Mi pirámide”) que poseía un enfoque más interactivo y personalizado (a través de Internet: www.mypyramid.gov) acompañada de 12 guías destinadas a cubrir las necesidades nutricionales en función de los distintos estilos de vida y enfatizando la conveniencia del ejercicio. En este modelo los grupos alimenticios se representan con colores: naranja para los cereales, verde para las hortalizas, rojo para las frutas, amarillo para los aceites, azul para los productos lácteos y púrpura para la carne y las legumbres. Las bandas son más anchas para los cereales, hortalizas,

productos lácteos y frutas, porque se deben consumir más de esos alimentos. Además, se usan otras medidas más normales que las de las raciones. Una recomendación importante respecto a versiones anteriores de la pirámide es la de tomar más cantidad de frutas y verduras, de cinco a 13 raciones y también limitar la cantidad de sodio y azúcar en las comidas.

ADULTOS • En 1999 un grupo de investigadores de la Tufts University, en Boston, liderados por la Dra. Alice H. Lichtenstein, partiendo de la consideración de que “*los adultos de más de 70 años tienen necesidades alimenticias particulares*”, así como menos necesidades calóricas (la base de esta pirámide, por ello, es más estrecha), crearon una nueva versión de la pirámide destinada a personas mayores, con más contenido gráfico y subrayando la importancia de ciertos nutrientes en esa población. Como consumen menos alimentos, las comidas serían más ricas en nutrientes, como las frutas, los vegetales, los lácteos descremados y los cereales integrales ricos en fibra. En la base de la pirámide se destacan algunas actividades que muchos adultos mayores deben realizar, como caminatas y natación.

Recientemente, como un proyecto apoyado por la **Ross Initiative on Aging** de la Universidad de Tufts, en el año 2008, los mismos especialistas han dado a conocer en una prestigiosa revista (*J NUTRITION*. 2008; 138:5-11) otra nueva actualización de MI PIRÁMIDE destinada a las personas mayores. Dentro de cada grupo de alimentos se enfatiza la riqueza de nutrientes y fibra, recomendando la toma de nutrientes más que de suplementos nutricionales. También se introducen nuevos iconos para los líquidos y la actividad física y así, la fila de vasos de la base señala la necesidad de la hidratación de los adultos y la otra fila más inferior la necesidad de la actividad física continuada y moderada. Por otra parte en la parte superior de la pirámide ondea una banderola recordatoria de la posible necesidad de tomar suplementos de fibra, calcio y vitaminas D y B12. (<http://www.medscape.com/viewarticle/567940>).

FIBRA ALIMENTARIA: NOVEDADES

Fulgencio Saura Calixto

Profesor de Investigación. Instituto del Frio. CSIC. Madrid

LA FIBRA, FIBRA DIETÉTICA, O FIBRA ALIMENTARIA, se encuentra en todos los alimentos vegetales y está constituida por polisacáridos y lignina resistentes a la acción de las enzimas digestivas que actúan normalmente sobre los alimentos y liberan sus constituyentes que son absorbidos en el intestino delgado. En el caso de las fibras, al no actuar nuestras enzimas digestivas sobre ellas, atraviesan intactas el intestino delgado, aunque con un aumento significativo de volumen y peso debido a su capacidad de absorción de agua y grasa.

FIBRA Y SALUD • Al llegar las fibras al intestino grueso, son degradadas por la acción de las bacterias intestinales, mediante un proceso denominado fermentación colónica, produciendo metabolitos beneficiosos para la salud y para un adecuado desarrollo de la microflora intestinal

Por ello, aunque la fibra se define como fracción indigestible, quizá sería más correcto decir que es digestible en el intestino grueso. Los alimentos vegetales son los únicos que, además de nutrientes, tienen una fracción (fibra) destinada a la alimentación de las más de 400 especies de bacterias (bifidos, lactobacilos, streptococcus, bacteroides, etc.) que tenemos en nuestro intestino y que son esenciales para nuestra salud. Es el denominado efecto prebiótico.

La fibra tiene un papel importante en regulación y salud intestinal y es un factor dietético preventivo de diversas enfermedades crónicas. Su tránsito por el aparato digestivo produce sensación de saciedad, regula la motilidad intestinal, disminuye la velocidad de absorción de glucosa, desarrolla la flora intestinal y aumenta la excreción de grasa, colesterol, sales biliares y proteínas. Todos estos eventos fisiológicos y el hecho de que una dieta rica en fibra conlleve un menor consumo de grasas y calorías, hacen que la fibra sea un factor dietético importante en la prevención de obesidad, diabetes, hipercolesterolemia y algún tipo de cáncer, especialmente de colon.

FIBRAS Y NUTRICIÓN • La fibra es uno de los constituyentes de nuestra dieta que más atención científica ha recibido en las dos últimas décadas. Sus propiedades relacionadas con salud intestinal y prevención de enfermedades crónicas se han divulgado ampliamente y el incremento de la ingesta de fibra en nuestra dieta es una recomendación nutricional extendida y aceptada.

Ello ha conducido a un extraordinario desarrollo del mercado de alimentos enriquecidos en fibra (lácteos, cárnicos, cereales, zumos y otros) y de suplementos dietéticos y nutracéuticos. De hecho, la fibra representa más del 50% del mercado total de ingredientes funcionales.

Probablemente la primera imagen de la fibra como constituyente saludable la percibe el consumidor a través de la publicidad de alimentos enriquecidos, lo cual, aunque es positivo, puede conducir a una visión incompleta o parcial del papel de la fibra en salud. Por otra parte, la cantidad de fibra que podemos ingerir a través del consumo de algunos alimentos enriquecidos es insignificante fisiológicamente en el contexto de la dieta completa. En esta línea, la Comunidad Europea aprobó en septiembre pasado la regulación de alegaciones nutricionales de los alimentos. De hecho, un mayor consumo de fibra es una recomendación de la OMS y otros organismos de salud, que también figura incluida en el Código Europeo contra el cáncer.

El consumo actual de fibra en España y en los países desarrollados es deficitario (unos 20 g/persona día) y el objetivo es alcanzar 30-35 g diarios. La mejor forma de lograrlo es a través del consumo de los alimentos tradicionales que son fuente natural de fibra, como legumbres (los alimentos más ricos en fibra), frutas y verduras (con fibra de alta calidad nutricional por la apreciable cantidad de antioxidantes y compuestos bioactivos asociados a su matriz) y cereales (fuente importante de fibra en nuestra dieta). Cuando el cambio de hábitos dietéticos es difícil, el consumo de alimentos enriquecidos en fibra y suplementos dietéticos puede ser una ayuda.

La fibra tiene dos fracciones: soluble e insoluble en fluidos intestinales. Es aconsejable que un tercio de la ingesta corresponda a fibra soluble, la cual se encuentra en mayor proporción en legumbres, frutas y verduras. La insoluble es escasamente fermentada y tiene un marcado efecto laxante, mientras que la soluble se relaciona con disminución de colesterol y glucosa en sangre y con el desarrollo de flora intestinal.

INVESTIGACIÓN • El concepto de fibra no es estático, sino en evolución como puede deducirse de algunos aspectos que comentaremos. En los años 70 se denominaba

fibra bruta y se le asignaba un valor nutricional nulo. Hoy se considera un constituyente esencial de la dieta y se define generalmente como nutriente (paradójicamente un nutriente no digestible).

Actualmente se utiliza el término de fibra de modo general lo cual es un factor de confusión en estudios clínicos y epidemiológicos ya que engloba las propiedades de fibras muy diversas. Es previsible en un futuro próximo una clasificación específica y diferenciada de fibras (por ejemplo, laxantes, hipoglucémicas, hipocolesterolémicas, antioxidantes, prebióticas, etc.) al igual que ocurre con las vitaminas (B, C, E, etc.)

Los compuestos incluidos en la definición tradicional de fibra (polisacáridos y lignina) no son los únicos constituyentes indigestibles de los alimentos. Cantidades importantes de almidón, proteína, compuestos polifenólicos, oligosacáridos y otros escapan igualmente a la digestión y llegan al colon como sustrato de fermentación para las bacterias intestinales. Existe consenso entre los investigadores para ampliar el concepto de fibra a todos los compuestos indigestibles. De esa forma la ingesta actual en nuestra dieta, sería no de 20 g, sino del orden de 45-50 g/persona día, lo que parece más cercano a lo normal, dado que se estima que el mantenimiento de nuestra masa bacteriana intestinal requiere un aporte diario de 55-60 g de materia orgánica.

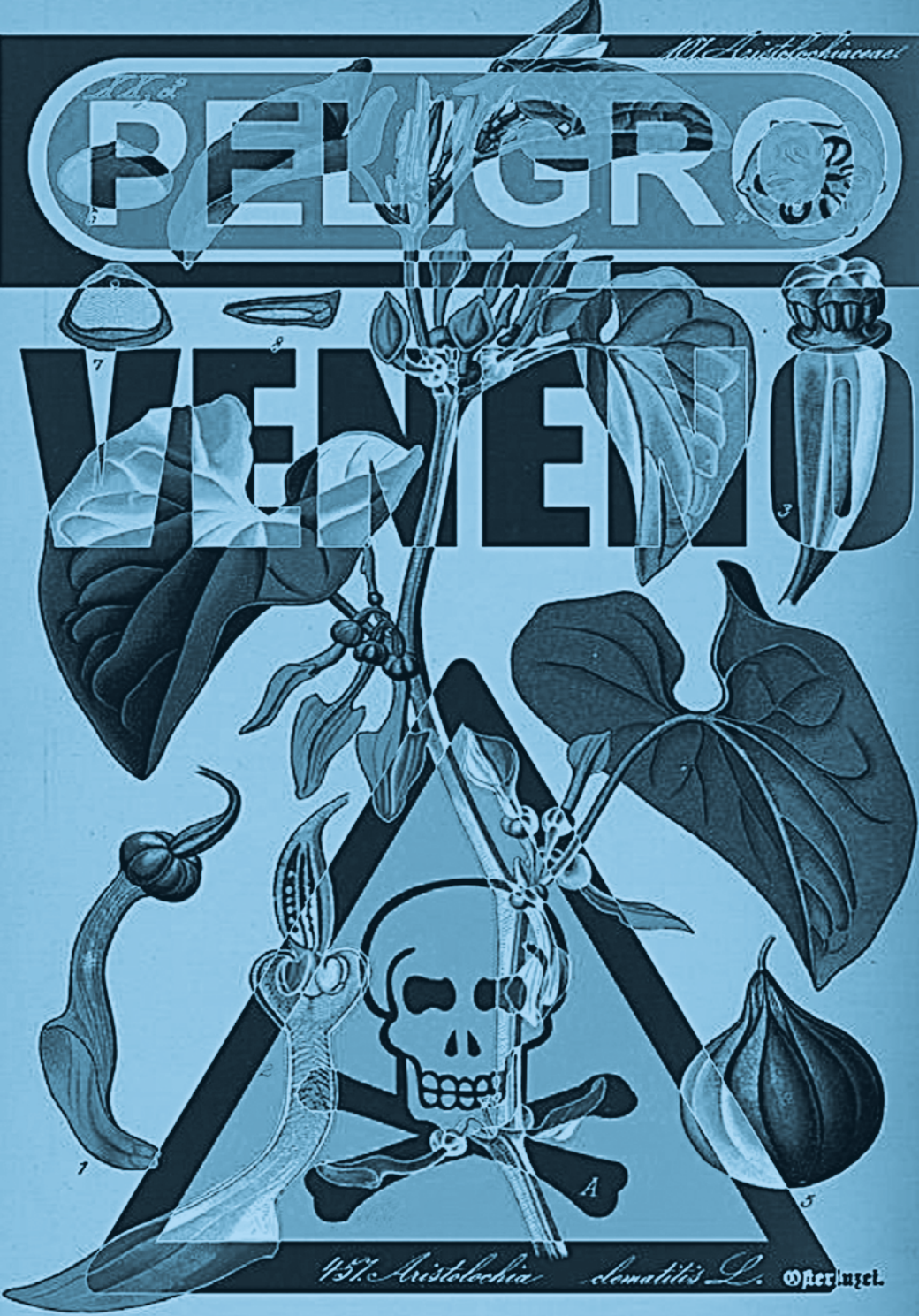
Por otra parte, la fibra presenta una propiedad adicional poco estudiada, la de transportadora de una cantidad importante de antioxidantes y compuestos bioactivos, que sólo se liberan después de la fermentación colónica, lo que puede tener implicaciones importantes en salud y en prevención de cáncer. Existen altas concentraciones de tales fibras antioxidantes en algunas frutas tropicales, algas y variedades de uva.

Por último, citar que la fibra hasta la fecha se ha considerado un constituyente exclusivo de los vegetales sólidos, y las tablas de composición de alimentos asignan a bebidas tales como vino, cerveza, café, zumos y otras un contenido cero de fibra. No obstante, estudios recientes, entre ellos algunos de mi grupo de investigación, han encontrado cantidades significativas de fibra en estas bebidas, lo que abre nuevas perspectivas al estudio no ya de la fibra, sino de la biodisponibilidad y metabolismo de los antioxidantes de estas bebidas.

M. Aristolochiaceae!

PELIGRO

VENENO



Aristolochia Senanitis L. O. Per. Inzel.

LA MISTERIOSA MALDICIÓN CROATA

EL USO MEDICINAL DE LAS PLANTAS VA UNIDO A TODA LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD. Coetáneo de Plinio, el autor de una célebre HISTORIA NATURAL, fue Pedanio Dioscórides Anazarbeo (Anazarbus, Cilicia, Asia Menor, aprox. 40-90 d.C.) médico, farmacólogo y botánico de la antigua Grecia, cuya obra ACERCA DE LA MATERIA MEDICINAL Y DE LOS VENENOS MORTÍFEROS alcanzó una amplia difusión y se convirtió en el principal manual de farmacopea durante toda la Edad Media y el Renacimiento.

En la página 190 del facsímil de la edición de Andrés de Laguna (Salamanca, 1566) de esta obra, Dioscórides se refiere a las plantas de la familia Aristoloquia (del griego *aristos* = excelente y *lochia* (locheía) = relativo al parto), concretamente a su utilización obstétrica: “La aristoloquia se llamó así por parecer que a las mujeres socorría en el parto... Hállase otra tercera especie asimismo luenga, la cual tiene *clematitis* por nombre... Bebida con pimienta y con mirra expelle el menstruo, las pares y la criatura del vientre; y lo mismo hace metida en la natura de la mujer”. Es precisamente de esta planta, la *Aristoloquia clematitis*, popularmente clematítide, la que protagonizará el relato de hoy.

MEDICINA “NATURAL” • Contra las creencias de algunos adeptos acérrimos a las “medicinas alternativas”, es falso que el uso de plantas y otros productos naturales carezca de riesgos o de efectos secundarios. Lo natural puede ser tan peligroso o más que lo artificial. Una simple búsqueda en Internet nos dice que la clematítide es ensalzada por sus virtudes curativas e incluso *mágicas* en muchos sitios Web y que es usada muy frecuentemente en las medicinas tradicionales orientales (china, japonesa, ayurvédica) y también en las llamadas *medicinas naturales*, tan de moda en Europa, tanto en terapias de adelgazamiento como para curar eccemas y enfermedades reumáticas. La más consumida de las Aristoloquias es precisamente la especie *Aristolochia clematitis*, una planta vivaz, nativa europea, de hasta 50 cm de altura, con hojas de color verde pálido con olor desagradable. Con flores de tubo largo de color amarillo pálido se encuentra diseminada en setos, tierras baldías y variados lugares, distribuyéndose por toda Europa central, Asia menor y la zona del Cáucaso.

Su componente más característico, el ácido aristolóquico es un tóxico potentísimo. Como se detalla en un amplio reportaje publicado por la revista THE SCIENTIST un equipo investigador croata-americano ha descubierto la causa de una grave enfermedad renal endémica de los Balcanes, verificando que la causa es un veneno presente en ciertos panes, cuya toxicidad se debe precisamente a la presencia de ácido aristolóquico, que también es parte de la composición de otros suplementos procedentes de plantas que se usan en el mundo.

CROACIA • El pueblo de Kaniza, en el Noroeste de Croacia, puede ser un buen ejemplo de una situación que afecta no solo a Croacia sino a una región de más de 500 km de longitud, en la que el río Danubio recibe a sus afluentes Sava y Morava, alcanzando zonas de Bosnia, Serbia, Rumania y Bulgaria. En el lugar existían unas granjas, ahora vacías, las Crne Kuce, que en croata significa las casas negras, por el aspecto que actualmente presentan, abandonadas y decrepitas. Allí vivían familias campesinas que cuidaban cerdos, recolectaban su propio trigo y sus miembros tradicionalmente eran atacados y morían de una misteriosa enfermedad renal, identificada por primera vez en 1955, y conocida con la expresión de nefropatía endémica de los Balcanes, llegando a alcanzar un porcentaje anual de mortalidad de 65 personas por cada 1.000 habitantes.

Los científicos no encontraron evidencias de factores hereditarios, raciales, étnicos o de sexo que pudiesen explicar la situación hasta que la lámpara de la serendipia o suerte buscada y bien interpretada se iluminó en un lugar inesperado.

Arthur P. Grollman, es un farmacólogo experto en oncología, director del Stony Brook University's Chemical Biology Lab de Nueva York, que está empeñado en la necesidad de una mayor regulación de los **suplementos saludables** consumidos procedentes de plantas. En junio del 2000 al leer la prestigiosa revista THE NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE se encontró con un artículo que demostraba la existencia de un rápido fallo renal, acompañado de carcinoma urotelial en unas mujeres belgas que habían consumido infusiones de un suplemento chino para reducir el peso a base de unos componentes procedentes de una planta del género *Aristolochia*. El Dr. Grollman pensó inmediatamente en el misterio de la enfermedad croata (por la coincidencia en el fallo renal) y telefoneó a un colega de esta nacionalidad pidiéndole datos sobre la posibilidad de que los enfermos croatas hubiesen ingerido tisanas con esa planta. No era así. Pero, para estudiar más cerca el problema el Dr. Gollman se trasladó a Croacia y los siguientes años, desde su propio labora-

torio y con la colaboración de científicos croatas se han ocupado de intentar el misterio a nivel molecular. Al final ha llegado el éxito.

NOVEDADES • Desde el momento en el que la enfermedad fue identificada decenas de simposios científicos se habían celebrado para intentar hallar sus posibles causas. Tras muchas investigaciones, en octubre del 2006, en una reunión específica celebrada en la Universidad de Zagreb se habían conseguido reducir las posibles causas a dos: la primera, un hongo presente en café, frutos secos y granos; la segunda, la planta *Aristolochia clematitis*.

Las investigaciones redescubrieron una investigación veterinaria publicada en 1957 indicando que caballos que comían esta última hierba podían presentar un fallo renal crónico. Entonces Grollman se dedicó a entrevistar a los enfermos, llegando a la conclusión de que aunque no eran consumidores de la misma, prácticamente todos ellos la conocían por estar presente en los bordes de sus plantaciones de trigo. El examen sobre el terreno demostró que cuando los agricultores recolectaban el trigo, éste y la harina procedente del mismo, quedaban contaminados con la planta, por lo que era plausible que la ingesta del pan conteniendo la toxina podría ser la causa.

Efectivamente todos los resultados corroboraron esa hipótesis y las siguientes investigaciones demostraron la existencia de dos clases de ácido aristolóquico, AA1 (más potente) y AA2. El ácido se metaboliza en el hígado y es capaz de unirse a nuestro genoma, al ADN, formando lo que químicamente se denomina un aducto. Ello conduce a que se produzcan mutaciones en el gen p53, cuyas alteraciones es bien sabido que representan el factor más significativo en el desarrollo de los tumores en humanos. Más aún, también se ha aclarado la relación con otros factores relacionados con el control de la malignización como el p73 y p32, así como que el mecanismo de la patología en las mujeres belgas era el mismo que el de los campesinos croatas, aunque en cada caso la fuente de toxina difiriese.

El conocimiento de la nueva entidad patológica, la nefropatía por ácido aristolóquico, hace sospechar que podría tener un papel más importante como en los abundantes casos de fallos renales acaecidos en países como China, hasta que fue prohibido el consumo de la *Aristolochia*. En la actualidad existen campañas para alertar a los campesinos para que eviten la contaminación con la planta *Aristolochia* durante la recolección de sus cosechas. Y una última precaución no sobraría: que se sea precavido sobre el consumo indiscriminado de productos naturales.

ISOFLAVONAS, MENOPAUSIA Y CÁNCER DE MAMA

EN JUNIO DEL 2008, EN LA REVISTA NUTRITION JOURNAL los investigadores Mark J. Messina y Charles E. Wood publicaban, con el título de SOY ISOFLAVONES, ESTROGEN THERAPY, AND BREAST CANCER RISK: ANALYSIS AND COMMENTARY, los resultados de su exhaustiva y actualizada revisión sobre el controvertido asunto de la posible relación entre los productos alimenticios derivados de la soja, entre ellos las isoflavonas, y el aumento del riesgo de sufrir cáncer de mama.

El asunto no es baladí si tenemos en cuenta el extraordinario consumo alimenticio que se hace de los diferentes derivados alimenticios de la soja y las innumerables recomendaciones que nos inundan sobre sus propiedades saludables, sobre todo, en las mujeres, para combatir ciertas secuelas de la menopausia. Examinemos, por tanto, la situación.

ISOFLAVONAS • Las mujeres japonesas y de otros países asiáticos suelen presentar una menopausia más tardía, con menores trastornos y con un menor índice de problemas de osteoporosis, hecho que diversos estudios epidemiológicos han ligado a su alto consumo de soja, una fuente importante de vitaminas, proteínas, minerales, fibras vegetales, lípidos e isoflavonas.

Las isoflavonas son compuestos naturales estructuralmente parecidos a las moléculas de las hormonas sexuales tales como el estradiol. Este estrógeno se une dentro de las células a proteínas específicas, los denominados receptores estrogénicos alfa y receptores estrogénicos beta, para realizar sus funciones reguladoras del metabolismo y de la expresión génica. Los receptores específicos alfa abundan en útero, hígado, mama y riñón mientras que los beta lo hacen en huesos, cerebro, hipófisis, tracto urinario, aparato cardiovascular, próstata y tejidos reproductivos como ovarios y testículos.

La similitud estructural de las isoflavonas con los estrógenos hace que, en ocasiones, aquellas puedan ejercer un determinado efecto estrogénico tras su reconocimiento y unión al correspondiente receptor. En otros casos ocurre lo contrario, que lo relevante es su efecto

antiestrogénico debido a que las isoflavonas “engañan” a los receptores dificultando su unión con el verdadero estrógeno.

La forma en la que ingerimos las isoflavonas en los alimentos es como glicósidos de isoflavonas que se rompen por la acción de bacterias en el intestino delgado para dar lugar a moléculas como daidzeína, genisteína y gliciteína. A su vez, por acción bacteriana, la daidzeína puede formar, también, dos formas de isoflavonas: equol y odesmetilangolensina. El proceso se puede alterar en el caso de ingesta de antibióticos que, por tanto, no conviene usar simultáneamente a la ingesta de isoflavonas.

EFFECTOS • Relacionado con su acción estrogénica es el uso de isoflavonas en la menopausia. Durante la menopausia la cantidad de estrógenos disminuye en el organismo y se producen síntomas típicos como son bochornos, insomnio, sudor por las noches, sequedad vaginal, dolores articulares, fatiga y molestias intestinales. Las isoflavonas actúan como “copias” de los estrógenos, desempeñan su mismo papel, y los suplen pero con menor intensidad (rango 1/1.000). Por lo tanto suelen ser efectivas para hacer menos severas las secuelas de la postmenopausia. El uso de la isoflavona equol en la menopausia se debe a su actuación en los huesos aumentando la densidad mineral, por tanto, haciéndolos más resistentes y fuertes. Como el 50% de las personas no pueden transformar metabólicamente la daidzeína a equol, estas personas no experimentarán los mismos efectos farmacológicos que los “productores de equol”.

También en relación con su acción antiestrogénica es el caso de las mujeres premenopáusicas que tienen niveles normales de estrógenos y las isoflavonas ejercen en ellas una acción antiestrogénica favorable ya que, al parecer, en esa situación la unión de estrógenos a los receptores alfa estrogénicos pudiera tener un efecto favorecedor del crecimiento de tumores en las mamas. En la misma línea se sitúa el caso de otros cánceres (útero, mama, próstata) en los que hay un exceso de estrógenos, por lo que la acción antiestrogénica es favorable. Las dos isoflavonas más estudiadas respecto a su potencial anticancerígeno son la genisteína y la daidzeína, sobre las que existen más de doscientas investigaciones realizadas.

También existen datos, más o menos contrastados, sobre otros efectos saludables: Capacidad antioxidante de isoflavonas como la genisteína que inhibe la oxidación del colesterol LDL; variación de la composición de LDL para que sea menos pegajoso y no se enganche a la pared celular; acción como antioxidantes; algunas isoflavonas evitan el crecimiento de las

células formadoras de placas arteriales; disminuyen la agregación plaquetaria; mejoran la vasodilatación, estorban la absorción del colesterol, etc. Todo ello conduce al reforzamiento de sus funciones reguladoras hormonales, reductoras de sofocos, preventivas de la osteoporosis y de la pérdida ósea de calcio, vasodilatadores, anti malignización, etc.

ACTUALIDAD • El Dr. Charles E. Wood es un médico, profesor de Medicina Comparativa de La Facultad de Medicina de la Universidad de Georgia, Estados Unidos, cuya principal línea de investigación es la identificación y caracterización de determinantes neoplásicos cervicales, uterinos y de mama.

El Dr. Mark J. Messina fue investigador del Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos hasta el año 1992 en el que pasó a dedicarse al estudio de los efectos saludables de la soja.

En la revisión científica que ha realizado, los doctores Wood y Messina examinan minuciosamente el tema del uso generalizado de isoflavonas u otros derivados de la soja por mujeres, analizando su posible relación con un aumento en el riesgo de sufrir cáncer de mama. Para ello, han tenido en cuenta tanto las investigaciones *in vitro* en el laboratorio como la realizadas en animales, clínicas sobre pacientes, y epidemiológicas.

El resumen de las conclusiones podría ser el siguiente:

- En mujeres sanas, no existen evidencias, o son muy débiles de efectos negativos clínicos sobre los tejidos mamarios (cánceres) que sea debido a efectos potenciales de las isoflavonas en la dieta.
- En mujeres supervivientes de cáncer de mama la situación es análoga a la anterior.
- Respecto al alegado efecto protector del consumo de isoflavonas sobre el riesgo de cáncer de mama no existe o es muy modesto.
- Tampoco se ha encontrado alteración significativa debida al consumo o no de isoflavonas en relación con la supervivencia o la recurrencia del cáncer de mama.
- Los datos procedentes de estudios con roedores sugieren que la genisteína (isoflavona) interfiere con el tamoxifeno (medicamento estrogénico) por lo que no sería aconsejable el consumo dietario de isoflavonas durante el tratamiento del cáncer de mama con ese tipo de fármacos.

¿Se finalizarán con ello todas las controversias respecto al tema? Posiblemente no. Como muestra dos de los argumentos usados por los contrarios al uso comercial extendido en

Occidente de alimentos con adiciones de isoflavonas de soja. 1º) La preparación y consumo de los derivados de la soja en los países en que su uso es tradicional es diferente (más natural, menos químico) que en Occidente; 2º). La imparcialidad de, al menos, el Dr. Messina es discutible pues no es médico (su doctorado es en Nutrición) y es bien conocido (aunque así figura claramente expresado en la publicación) que preside la empresa consultora Nutrition Matters, Inc., con clientes relacionados con la fabricación y venta de productos derivados de la soja.

Será la investigación científica la que consiga la solución pero, por ahora, no existen motivos de alarma de peso, ni para las mujeres consumidoras de isoflavonas de soja ni para las no consumidoras, ya que su efecto parece mínimo.

NUTRICIÓN, EJERCICIO Y CÁNCER

HACE 25 AÑOS QUE SE CREÓ UNA RED MUNDIAL ALTRUISTA DE INSTITUCIONES dedicada a la prevención del cáncer bajo el nombre de World Cancer Research Fund (WCRF) que actualmente consta de un organismo central y diversas organizaciones nacionales en América, Europa y Asia. Desde su inicio su propósito principal ha consistido en estudiar, científica y rigurosamente, todas las investigaciones que se realizan en el mundo que relacionan esta terrible enfermedad con los alimentos, la nutrición y la actividad física, partiendo del supuesto conocido de que estos factores se responsabilizan de más de un 50% del riesgo global existente.

ACTUALIDAD • En los inicios de diciembre del 2007 el American Institute for Cancer Research acaba de publicar el segundo gran estudio al respecto del WCRF, titulado FOOD, NUTRITION, PHYSICAL ACTIVITY AND THE PREVENTION OF CANCER: A GLOBAL PERSPECTIVE, un volumen de 517 páginas, más de 200 gráficas, abundante bibliografía y un excelente índice donde tanto los profesionales de la salud como los ciudadanos normales pueden encontrar una revisión y evaluación rigurosa sobre más de 7.000 investigaciones analizadas sobre este tema. De la tarea se ha encargado un panel internacional de 21 expertos de todos los continentes, con una serie de observadores pertenecientes a organizaciones internacionales tales como la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), la Unión Internacional contra el Cáncer (UICC), el Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (WHO), etc.

El volumen se divide en tres partes. La primera, sobre los antecedentes, analiza tres aspectos diferentes: 1. Cómo han cambiado a lo largo de la historia humana los patrones relacionados con la nutrición, la actividad física o la propia composición corporal; 2. La biología del cáncer y la relación de la nutrición y el ejercicio con los riesgos de contraerlo; 3. La valoración de los factores que juegan un factor protector o de riesgo. En la segunda parte del libro, a través de diversos capítulos, se consideran las evidencias que tratan aspectos tales como relaciones entre tipos de alimentos y bebidas, actividad física y composición corporal, el problema de la obesidad, el caso concreto de 17 tipos de cánceres, la relevancia de la prevención, el caso de

otras enfermedades o las líneas de investigación de mayor interés. En cuanto a la tercera y última parte, se refiere a las Recomendaciones, que son las que nosotros vamos a comentar en este artículo.

GLOBALES • Los efectos de cada factor se clasifican dentro de un rango con seis categorías posibles: disminución convincente de riesgo, disminución probable de riesgo, indicios de disminución de riesgo, ningún efecto convincente, indicios de incremento de riesgo, probable incremento de riesgo e incremento convincente de riesgo. Los tipos de cánceres analizados se agrupan en 18 categorías: esófago, pulmón, estómago, mama, páncreas, etc. y, como una patología especial también se analiza el sobrepeso y obesidad. En cuanto a la inmensa cantidad de factores investigados en los últimos diez años con posibilidades de influencia sobre el riesgo, finalmente se dividen en más de 60 clases que abarcan desde modos de vida y características físicas (sedentaria, actividad física, ver la televisión, tipo de lactancia, peso al nacer, grasa corporal, etc.), modo de preparación de los alimentos (ahumados, comidas muy saladas, braseados, salazones, pescados al estilo cantonés, bebidas muy calientes, bebidas muy azucaradas, alimentos grasos, etc.), tipo de alimento (rico en fibras, vegetales, frutas, carnes rojas, pescados, lácteos, etc.), alimento en particular (leche, queso, mantequilla, zanahorias, ajo, café, mate, etc.), alimentos ricos en algún componente (folato, carotenoides, vitamina C, selenio, etc.) o suplementos alimenticios (calcio, selenio, retinol, etc.).

Como resumen de la amplia gama de datos resaltaremos tres puntos: los factores con correlaciones positivas más intensas son la lactancia materna (en relación con el cáncer de mama pre- y posmenopáusico) y la actividad física (cáncer colorrectal y obesidad); los factores con correlaciones negativas más intensas son el alcohol en exceso (cánceres bucofaríngeos, colorrectal, mama, hepático) y la grasa corporal (cánceres de esófago, páncreas, colorrectal, endometrio, riñón). Si lo que hacemos es fijar nuestra atención en una patología concreta, como el cáncer colorrectal, la situación es: disminución convincente de riesgo con la actividad física; disminución probable de riesgos con alimentos ricos en fibra, ajo, leche y suplementos de calcio; disminución sugerida de riesgos con pescado, frutas, vegetales poco almidáceos, alimentos ricos en folato, alimentos ricos en selenio, alimentos ricos en vitamina D y suplementos de retinol. Por el contrario, existen indicios de aumento de riesgos de cáncer colorrectal en el caso de exceso de alimentos con alto contenido en hierro, quesos, alimentos con demasiadas grasas animales y alimentos demasiado azucarados; el

riesgo alcanza la cota de probable con el abuso de carnes muy cocinadas, sobre todo carnes rojas, exceso de alcohol y exceso de grasa corporal.

Y un dato adicional, el exceso de televisión se asocia con riesgo probable en varios cánceres (¿vida sedentaria?).

DECÁLOGO • En orden a la prevención del cáncer, las recomendaciones que hace el WCRF tras el análisis científico riguroso de las más de 7.000 investigaciones se pueden resumir en forma de un decálogo de mandamientos:

1. Mantener el peso dentro del rango normal estadístico, con cuidado especial en la niñez y adolescencia, evitando el incremento de la circunferencia abdominal

2. Mantener una cierta actividad física diaria (al menos el equivalente a un paseo diario de 30 minutos) para que el gasto energético supere en más del 40% el valor del metabolismo basal.

3. Limitar el consumo de bebidas azucaradas y comidas muy energéticas (caso de las *comidas rápidas*).

4. Consumir diariamente al menos 5 porciones (unos 400 gramos) de vegetales o frutas.

5. Reducir el consumo de carnes rojas a menos de 300 g semanales y evitar que las carnes estén saladas, ahumadas, curadas, procesadas, etc.

6. Limitar el consumo alcohólico a un máximo de dos bebidas diarias (2 vasos de vino tinto, por ejemplo).

7. Consumir un total de menos de 5 g diarios de sal, evitando la ingesta de alimentos salados.

8. No está demostrada la necesidad de consumir ningún aditivo nutricional, salvo en caso de algunas situaciones de enfermedad.

9. Recomendar a las madres que proporcionen a sus hijos lactancia materna exclusiva hasta los seis meses, y complementaria posteriormente.

10. Las personas que han sufrido un cáncer o han sido diagnosticadas de su existencia deben recibir los correspondientes consejos nutricionales profesionales.

Alimentación y salud.
Mininoticias

MY PIRAMID • Ese modelo de pirámide alimenticia con ese nombre propuesto en 1995, incluía como novedad la recomendación de practicar ejercicio durante 30 minutos al día, o 60 minutos diarios en los niños, adolescentes o en aquellas personas que intenten controlar su peso. Ese consejo estaba representado en la nueva pirámide por una persona que sube escalones hacia la cumbre. En www.mypyramid.gov los interesados pueden introducir sus datos y, en función de sus características, se les aconseja sobre niveles de actividad y alimentación adecuadas.

MAYORES • La nueva pirámide alimenticia para mayores publicada en enero del año 2008 es muy gráfica y comprensible, recomendando una dieta muy rica en frutas, vegetales, cereales integrales, productos lácteos con poca grasa, legumbres, pescado y carne magra. Otras recomendaciones son las de buscar variedad en los cereales, utilidad de los alimentos congelados, reducción del consumo de lactosa y de grasas saturadas, e intentar consumir un mayor contenido de fibras.

PIRÁMIDES • Se han propuesto una gran variedad de pirámides alimenticias adaptadas a diversas circunstancias culturales, nacionales, etc. A continuación se indica donde encontrar algunas de ellas. Vegetariana: www.veganfoodpyramid.com/; antioxidante: www.supergliso-din.com/; mediterránea: www.mediterraneanbook.com/the-mediterranean-diet/; para diabéticos: ndep.nih.gov/diabetes/MealPlanner/sp_pyramid.htm; para bebés: www.baptisthealth.net/greystone/content.jsp?pageid=P04711; hindú: www.semدا.org/info/pyramid.asp?ID=28; otras nacionalidades: <http://www.semدا.org/info/>; etc.

PIZZA SALUDABLE • Químicos de alimentos de la Universidad de Maryland han modificado las condiciones de fabricación de las pizzas para hacerlas más saludables. En concreto han aumentado el tiempo de fermentación de la harina con la levadura, el tiempo y la temperatura de cocción, consiguiendo globalmente que su efecto antioxidante se incremente enormemente, más de un 100%, por lo que su consumo podría reducir los riesgos de sufrir cáncer de pulmón y patologías cardiovasculares.

REFRESCOS • En la revista CIRCULATION se publicó un estudio realizado sobre más de 6.000 participantes del estudio cardiaco Framingham, de una edad media de 53 años, estudiando la relación entre su consumo de refrescos (*light* o normales y más de uno diario) y el síndrome metabólico definido a partir de los parámetros de perímetro de cintura, glucemia en ayunas, triglicéridos, tensión, colesterol y lipoproteínas de alta densidad. Resultado: existe una clara relación entre el consumo elevado de refrescos y el desarrollo del síndrome.

SEXO • La mayor empresa productora de chicles del mundo, la estadounidense Wrigley, ha patentado un chicle contra la impotencia sexual con la adición de Viagra, en dosis equivalente al de una píldora. Bastaría con mascar el nuevo chicle media hora antes de iniciar el acto sexual para que logre su efecto. Como es lógico lo mismo sucede con Cialis y análogos. Ventajas: elimina el malestar estomacal ocasionado en algunos pacientes y la hace llegar al torrente sanguíneo de manera gradual.

XEROSTOMÍA • Producimos unos 450 mililitros de saliva al día. Su falta produce xerostomía, una afección conocida como *boca seca*, que lesiona las encías y los dientes por falta de lubricación y protección. La masticación de chicle sin azúcar estimula el flujo de saliva y la formación de una barrera de minerales que protege los tejidos bucales y evita las caries.

OBESIDAD • Según científicos británicos, la obesidad podría tratarse en el futuro con un chicle que contuviese una hormona intestinal, el polipéptido pancreático, que reproduce la sensación de saciedad. Los investigadores, encabezados por Steve Bloom, del Imperial College de Londres, están desarrollando un fármaco con la mencionada hormona. Los primeros experimentos sugieren que dosis moderadas de la hormona pueden reducir de un 15 a un 20 por ciento la cantidad de comida ingerida por voluntarios sanos. Los ratones a los que se administró el compuesto perdieron un 15 por ciento de su peso en sólo una semana.

CAFÉ • Un estudio realizado en el departamento de Psicobiología Clínica y Psiquiatría de la

Universidad de Barcelona por el equipo dirigido por Ana Adan ha encontrado que la cafeína presenta un mayor efecto sobre los hombres que sobre las mujeres y que estos efectos comienzan tan sólo 10 minutos tras su ingesta. Contrariamente a lo que se pensaba comprobaron que el café descafeinado también aumentaba el estado de alerta.

CAFÉ Y VINO • Entre otros aspectos las investigaciones del Dr. Saura-Calixto, del Instituto del Frío, del CSIC han demostrado, por primera vez en el mundo, que la fibra dietética es un componente importante en el vino, analizando muestras de vinos tintos y blancos de La Mancha, Ribera del Duero, Rioja, Jumilla, Rueda y Penedés. El contenido de fibra es de al menos 1 gramo por litro en vinos tintos y de 0,2 gramos por litro en blancos. El mayor contenido de fibra dietética se encontró en un vino de Jumilla (1,4 gramos por litro). En cuanto al café, recientemente la revista SCIENTIFIC AMERICAN se refería al hallazgo de que, una vez preparado, contiene entre 0.47 y 0.75 gramos por cada 100 mililitros.

CAFÉ • Abundan las aparentes buenas nuevas noticias científicas respecto al café. La revista HEPATOLOGY publicó una investigación epidemiológica italiana en la que se señalaba que las personas que beben, al menos, dos tazas de café diarias (como suele suceder en el sur de Europa) tienen un 41 por ciento menos de riesgo de contraer cáncer hepático que las que no beben ninguna (como es normal en Japón). Como todas las investigaciones epidemiológicas de este tipo, debe interpretarse con un cierto nivel de escepticismo ya que lo difícil es establecer la relación causa-efecto exacta y habría que descartar cualquier artefacto estadístico.

PICANTE • Algunos pimientos picantes y guindillas lo son más que otros. La prestigiosa revista PNAS en agosto del 2008 se hizo eco de una investigación realizada en Bolivia sobre su capacidad picante (contenido en capsaicina). Los pájaros los comen y dispersan las semillas, mientras que algunos insectos rompen su piel lo que permite que sean atacados por hongos microbianos. La investigación ha encontrado que en los lugares con mayor cantidad de insectos las plantas tienden a ser más picantes y que los capsaicinoides disminuyen el crecimiento bacteriano, mientras que los pájaros no sienten la capsaicina. Es decir, que el picante mata los parásitos y atrae a los pájaros.

PROBIÓTICOS • Aunque algunos nutricionistas aún muestran algo de escepticismo al respecto, bastantes datos abonan los beneficios médicos de algunos tipos de probióticos promotores del crecimiento bacteriano de bacterias buenas en el tracto gastrointestinal. Tal ha sido el caso de un estudio publicado en el BRITISH MEDICAL JOURNAL sobre pacientes de un hospital geriátrico comparando los episodios diarreicos entre los que consumían o no Actimel. Los consumidores presentaron la tercera parte de diarreas. Su uso reduciría los gastos hospitalarios de antibióticos. Existen más trabajos científicos con datos positivos respecto a los efectos de este tipo de probióticos.

ISOFLAVONAS Y CORAZÓN • En relación con la polémica sobre si las isoflavonas sirven para algo la revista EUROPEAN HEART JOURNAL publicó los resultados obtenidos con un suplemento alimentario que contiene isoflavonas (presentes en soja, guisantes, y diversas legumbres), que conseguía mejorar las funciones arteriales. Concretamente la dilatación de la arteria braquial, la principal arteria del brazo, en respuesta a un aumento de flujo sanguíneo FMD, dilatación mediada por flujo), en pacientes que han sufrido un infarto. Tras 12 semanas del uso de isoflavonas las mejoras eran evidentes.

CREATINA • La disminución de masa muscular y el aumento de la grasa corporal son consecuencias normales del proceso de envejecimiento. En una investigación electrónica publicada en la revista PloS One, el Dr. Mark Tarnopolsky mostraba que aunque el ejercicio es un sistema probado para evitar la pérdida de masa muscular, existen otros datos que demuestran que esos efectos se potencian notablemente con la ingesta de una combinación de creatina y ácido linoleico conjugado.

VITAMINAS Y FRUTAS • Serena Guarnieri y su grupo investigador de la Universidad de Milán han demostrado, en un artículo publicado en el BRITISH JOURNAL OF NUTRITION, que los efectos y niveles de vitamina C son mayores si se toma en forma de fruta (zumo de naranja) que si se hace en forma de tabletas vitamínicas. La razón no estriba en las moléculas de ácido ascórbico (vitamina C), que son las mismas en ambos casos sino, posiblemente, en otros componentes de los frutos que fortalecen la acción antioxidante de la vitamina C.

DIETAS HIPOCALÓRICAS • Muchas personas piensan que una dieta hipocalórica (con o sin ejercicio que la acompañe) utilizada para perder peso puede representar algún riesgo para la salud ósea. La revista ARCHIVES OF INTERNAL MEDICINE publica una investigación dirigida a aclarar el problema. Se realizó durante seis meses sobre 50 adultos de 37 años de edad media, con sobrepeso, usando déficit calóricos del 25% (con o sin ejercicio). Los resultados demostraron una pérdida final de 10-14% de peso y la inexistencia de riesgos óseos.

VEGETARIANA • Según un reciente estudio (abril 2008) publicado en la revista ARTHRITIS RESEARCH AND THERAPY, una dieta vegetariana estricta reduce el riesgo de aterosclerosis en pacientes con artritis reumatoide (AR). Los investigadores dirigidos por Ann-Charlotte Elkan del Karolinska University Hospital Huddinge midieron en pacientes con artritis reumatoide, los efectos de la dieta vegetariana estricta en las concentraciones sanguíneas de lipoproteínas de baja densidad oxidadas (LDLox) y de anticuerpos ateroprotectores naturales contra la fosforilcolina (anti-PC).

DEGENERACIÓN MACULAR • La degeneración macular asociada a la edad es un problema oftalmológico cada vez más importante con el envejecimiento progresivo de la población. Un estudio publicado en la revista ARCHIVES OF OPHTHALMOLOGY indicó que un consumo elevado de antioxidantes puede proteger los ojos porque la combinación de concentración plasmática baja de antioxidantes y exposición a la luz solar azul está relacionada con ciertas formas de la enfermedad. La investigación se encuadró dentro del European Eye Study y se subvencionó por el V Framework de la Comisión Europea.

VINO BLANCO • Dipak Das, un biólogo molecular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Connecticut en USA publicó su investigación sobre el efecto del vino blanco sobre ratas de laboratorio, con la conclusión de que sus efectos cardioprotectores (con ingestas equivalentes a las de una o dos copas diarias del vino en humanos) son muy similares a los que produce el vino tinto, al compararlas con otros animales controles que sólo bebieron agua o agua adicionada con la proporción equivalente de alcohol puro. Los efectos protectores tam-

bién fueron evidentes sobre la tensión y sobre ratas que habían sufrido un ataque cardíaco y los investigadores han encontrado datos que apoyan que todo ello está mediado también por fenoles que provocan un efecto protector hacia las mitocondrias celulares protegiendo a sus células de la apoptosis o *suicidio celular*.

ASMA • En la revista EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL, el equipo investigador dirigido por el Dr. Peter Burney (National Heart & Lung Institute, Imperial College London, London, UK) publicó los resultados de la influencia sobre el asma de una dieta rica en vegetales y frutas. Su principal conclusión fue la del evidente efecto protector ejercido por la toma de jugo de manzana (jugo, no fruta), así como, en mucho menor grado, por la ingesta de bananas.

SOJA Y ESPERMA • La revista HUMAN REPRODUCTION publicó *on-line* un artículo cuyos autores pertenecen al Departamento de Nutrición de prestigiosa Facultad de Medicina de Harvard mostrando que los varones consumidores de, al menos, medio servicio diario de alimentos a base de soja, presentan una reducción apreciable en el número de espermatozoides, mayor aún en el caso de que tengan sobrepeso o sean obesos. La causa la atribuyen a las isoflavonas fitoestrogénicas de la soja.

LAS CIENCIAS EXACTAS





distal = 1

media = 2

proximal = 3

metacarpo = 5

Razón Aurea

* Si dividimos la longitud de cada tramo por su anterior, nos iremos acercando cada vez más al número mágico:

$2/1=2$; $3/2=1.5$; $5/3=1.666$

LA BELLA RAZÓN DIVINA

EXISTE UN SENTIDO UNIVERSAL DE LA BELLEZA que muchos consideran como el reflejo de la perfección divina. Se halla presente en todas las culturas a lo largo del tiempo y lo encontramos tanto en la naturaleza como en las creaciones artísticas musicales, pictóricas, escultóricas, técnicas y científicas.

El concepto del número fi (griego phi, en honor al escultor Fidias, quien lo utilizó en la construcción del Partenón), también conocido como razón áurea, razón divina o divina proporción no es ajeno a ello.

FI • Algunos textos ya sugieren que esa razón se utilizó como proporción en ciertas estelas Babilonias y Asirias del segundo milenio antes de Cristo. Quien primero la definió fue el matemático Euclides (300-265 a.C.): “Se dice que una línea recta está dividida en el extremo y su proporcional cuando la línea entera es al segmento mayor como el mayor es al menor”.

Y fray Paciolo di Borgo, monje italiano, fue quien enunció, en 1509, una fórmula matemática que producía una constante a la que denominó *número de oro* o *divina proporción*. Es un número irracional equivalente a la mitad de la suma de 1 con la raíz cuadrada de 5. El número algebraico resultante, cuyas diez primeras cifras son 1,618033988... es la *razón áurea*, de gran importancia natural, artística e incluso mística.

Hagamos el experimento de dibujar una línea recta de la longitud que queramos. Intentemos dividirla, mediante un pequeño trazo, en dos partes desiguales, de modo que los dos segmentos resultantes sean equilibrados y proporcionalmente agradables. Tras ello midámoslos, y comprobaremos que, si somos sensibles a la belleza, el segmento mayor es aproximadamente un 162% del menor y que la recta completa es el 162% del segmento mayor, es decir, que cumple la proporción enunciada por Euclides hace más de dos siglos.

Como aplicación de lo anterior, un rectángulo áureo sería el que posee unos lados que guarden la proporción áurea entre sí. Si tenemos un rectángulo áureo y eliminamos el cuadrado construido sobre el lado menor, el nuevo rectángulo resultante sigue teniendo la proporción áurea, y así sucesivamente. Esto da nacimiento a una especie de espiral logarítmica que es

muy recurrente en la naturaleza y que en los números está relacionada con la llamada sucesión de Fibonacci. Esta espiral logarítmica gobierna el crecimiento de muchas formas vegetales y animales: la concha del caracol marino Nautilus, las caracolas de mar, la espiral doble de las flores de girasol o el crecimiento de las piñas de los pinos. Incluso un huevo de gallina se puede inscribir en un rectángulo áureo.

PIRÁMIDES • El uso consciente o inconsciente de la proporción áurea ha acompañado a infinidad de manifestaciones artísticas de la humanidad. Recordemos algunas de ellas. Los egipcios descubrieron la proporción áurea a partir del estudio de la figura humana, comprobando que medía lo mismo de alto que de ancho con los brazos y manos extendidas y que el ombligo establecía un punto de división en su altura equivalente a la encontrada cuando sobre las base de un cuadrado se traza una diagonal desde de la mitad de la base a uno de sus vértices. La proporción áurea fue usada en la construcción de la pirámide de Keops (2600 a.C.), en la que el cociente entre la altura de uno de los tres triángulos que forman la pirámide y el lado es 2 fi. La proporción áurea, pasó de Egipto a Grecia y de allí a Roma.

El triángulo áureo aparece en la puerta del Sol de Tiahuanaco, o Tiwanaku, el maravilloso recinto arqueológico boliviano (1500 a.C.). El cociente entre la diagonal de un pentágono regular y uno de sus lados también es el número áureo. Pues bien, la construcción de la Tumba Rupestre de Mira en Asia Menor (s. II a.C.) se basa en un pentágono regular de esas características. Y la estrella pentagonal fue el símbolo de los pitagóricos.

En la Edad Media, el número de oro fue la base del arco parabólico y del arco apuntado, innovaciones geométricas que se aplicaron en el gótico. Incluso en numerosas portadas románicas y góticas aparece como borde y frontera el triángulo áurico.

RENACIMIENTO • En el Renacimiento se usó la proporción áurica extensivamente. Leonardo da Vinci, en 1509, para ilustrar el libro LA DIVINA PROPORCIÓN de Luca Pacioli concibe su *Hombre de Vitrubio* en el que las relaciones entre las distintas partes de su cuerpo son proporciones áureas. Estirando manos y pies y haciendo centro en el ombligo se dibuja la circunferencia. El cuadrado tiene por lado la altura del cuerpo. El cociente entre la altura del hombre (lado del cuadrado) y la distancia del ombligo a la punta de la mano (radio de la circunferencia) es el número de oro. En la *Anunciación de la Virgen María* también aparece la

relación áurea y las dimensiones de *La Gioconda* son de 89 x 55 cm, dos números consecutivos de la serie de Fibonacci que siguen la proporción áurea. Y, en otro orden de cosas, en la venerada imagen mexicana de la *Virgen de Guadalupe*, 1531, la proporción áurea se identifica partiendo de la costura central de la Tilma de Juan Diego.

En el popular cuadro de El Greco, *El entierro del Conde de Orgaz*, el mundo inferior terrestre está gobernado por el rectángulo áureo, y el mundo superior, celeste, regido por el pentagrama místico y el pentágono áureo en el que se inscribe.

A nivel matemático, Kepler hizo hincapié en la proporción áurea en el marco de sus teorías cosmológicas y cosmogónicas y Theodore Cook, en su obra *THE CURVES OF LIFE*, aplicó la proporción áurea al estudio de las formas botánicas y zoológicas.

Más modernamente, la influencia del número áureo es visible en las obras de Mondrian, Juan Gris, Picasso y Dalí. Por ejemplo, en la *Leda atómica* de Dalí, quien en un boceto muestra la estructura del cuadro alrededor del pentagrama.

Otro ejemplo diferente es el de Le Corbusier, maestro en el uso de la proporción en el diseño urbanístico y en la edificación. La proporción de oro era la base de su diseño, que no llegó a ser construido, del *Mundaneum*, un complejo situado en Ginebra destinado a ser sede de la Sociedad de Naciones. En sus libros, muy elogiados por Einstein, *LE MODULOR* (1948) y *LE MODULOR 2* (1953) elaboró un sistema de medidas del cuerpo humano en que cada magnitud se relaciona con la anterior por el número áureo, con la finalidad de que sirviese como medida base en las partes de la arquitectura.

La influencia de la proporción áurea alcanza todas las ramas del Arte, incluyendo la música, en la que algunas obras de Schuman (*Escenas infantiles*) y de Bela Bartok (*Concierto para orquesta o Cuatro piezas para Orquesta*) son claros exponentes de esa proporción.

SOY MUJER. ¿PODRÉ SER UN GENIO MATEMÁTICO?

LO QUE ES INCUESTIONABLE ES QUE NO PODRÁ ASPIRAR AL PREMIO NOBEL ya que el testamento de Alfred Nobel no mencionaba a las Matemáticas como una fuente de “progreso y felicidad para la humanidad”, posiblemente por creerlas de naturaleza meramente teórica. ¿Cuál fue la razón de no unir las Matemáticas a la Física, Química, Fisiología y Medicina o la Literatura?

LEYENDAS • Varias leyendas se extendieron intentando justificar ese hecho. Su protagonista siempre es el prestigioso matemático sueco G. M. Mittag-Leffler (1846-1927). La *versión sueca* alude a la enemistad personal entre Nobel y Mittag-Leffler y a que en los momentos en los que los premios se estaban gestando Nobel consultó a sus consejeros que, si se dotase un premio Nobel en Matemáticas, Mittag-Leffler podría ganarlo. Ante la respuesta positiva, Nobel ordenaría que no hubiese premio Nobel de Matemáticas. La forma más extrema de una diferente *versión francesa* explica que la mujer de Nobel le había sido infiel con el matemático sueco.

La realidad es que Nobel nunca llegó a estar casado, aunque parece que mantenía una relación sentimental con la vienesa Sophie Hess; que por aquella época otros matemáticos más célebres, con más méritos para un posible Nobel, eran Poincaré y Hilbert; y que, en aquel entonces, Nobel residía en París, posiblemente sin contactos con Mittag-Leffler,

Pero dejemos las leyendas, y la realidad es que, cuando se recorren los caminos matemáticos, es muy difícil encontrarse con referencias a grandes figuras matemáticas femeninas. ¿Cuál es la causa? ¿Existe una incompatibilidad objetiva entre los circuitos neuronales del pensamiento femenino y los del razonamiento matemático? O, más bien ¿se sigue tropezando con un conjunto de barreras social y culturalmente impuestas?

Para el gran filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) la respuesta sería muy sencilla. Sus escritos muestran su opinión al respecto: “es tan posible que una mujer tenga barba como que sienta preocupación por la geometría”. Y, muchos matemáticos también opinaron lo

mismo. Como para muestra basta un botón, el de matemático De Morgan (1806-1871), primer catedrático de Matemáticas del University College, e introductor de la Lógica matemática, resulta suficientemente significativo, ya que consideraba a las mujeres débiles y sin preparación física para las actividades científicas. Incluso unos pretendidos datos médicos trataban de convencer de que una mujer que pensara demasiado podía sufrir desviaciones de la sangre desde el aparato reproductor hasta el cerebro.

A este rechazo conceptual previo habría que añadir las dificultades de la mujer para conseguir una educación matemática, cuando hasta después de la 1ª guerra mundial, era una situación normal la de que la mujer no pudiera acceder a puestos universitarios, así como el problema adicional de compaginar la dedicación a las Matemáticas con el rol histórico femenino de las labores domésticas.

CEREBRO • Es clara la diferencia cromosómica y hormonal existente entre los dos sexos y existen multitud de investigaciones científicas que han abordado el tema de las peculiaridades y funcionamiento específico de los cerebros masculino y femenino. Es motivo de grandes controversias científicas la existencia, cuantía y origen de las peculiaridades de género respecto a las Matemáticas. Ciertas explicaciones biológicas resaltan las evidencias de que los hombres tienen mejores rendimientos en los tests espaciales mientras que las mujeres lo consiguen en los tests verbales. Sin embargo, esas diferencias son pequeñas y su aplicabilidad al razonamiento matemático es discutible.

Es claro que, históricamente, son escasas las mujeres matemáticas de relieve. He aquí algunas: Hypatia de Alejandría, Emile du Chatelet, Maria Agnesi, Sophie Germain, Mary Somerville, Ada Lovelace, Florence Nightingale, Sonya Kovalevsky y Emmy Noether. A su obra nos referimos en otra colaboración. La interpretación de ese escaso número abre las dos posibilidades más inmediatas: que se deba a los condicionamientos sociales y culturales existentes o que la causa sea funcional, relacionada con el funcionamiento de los respectivos circuitos cerebrales de hombres y mujeres y la especificidad del razonamiento matemático.

¿Cómo dilucidar entre ambas alternativas? La reputada revista SCIENCE recientemente ha publicado un trabajo de un grupo multidisciplinar italo-americano de cuatro investigadores/as titulado (traducido) *Cultura, Género y Matemáticas* en el que abordan el problema y alcanzan unas conclusiones bastantes claras.

INVESTIGACIÓN • Para sopesar la contribución relativa de las dos explicaciones, la cultural y la biológica, los investigadores siguieron el *Programme for International Student Assessment* (PISA) que se había utilizado con 276.165 estudiantes de 15 años de edad de 40 países, sometidos a pruebas idénticas en Matemáticas y Lectura diseñadas por la OECD para que estuviesen libres de condicionamientos culturales.

Un primer examen de los resultados podría parecer que apoya la interpretación biológica ya que la media para los chicos fue superior en Matemáticas y para las chicas en Lectura. Concretamente, las puntuaciones Matemáticas de las chicas fueron 10,5 puntos inferiores a las de los varones (un 2% menos) pero mostraron una gran variabilidad según el país considerado, por lo que en algunos países la situación se revertía, con diferencias como las siguientes: Turquía (-22,6), Corea (-20), Italia (-19), USA (-10), Portugal (-9), Francia (-8), Polonia (-7), Noruega (-4), Suecia (-2) e Islandia (+15). Respecto a las pruebas de Lectura, la ventaja media para las chicas fue de 32,7 puntos (6,6% mayor) que el de los varones y la tendencia por países siguió la misma pauta de mejora que la existente para Matemáticas, pero mucho más incrementada: Turquía (25), Corea 824), Italia (38), USA (30), Portugal (40), Francia (40), Polonia (38), Noruega (50), Suecia (43), Islandia (60).

Las grandes diferencias entre países indicaban la existencia de un fuerte factor social/cultural en los resultados. Los investigadores examinaron entonces los *indicadores de igualdad de género*, escogiendo el *índice GGI* (World Economic Forum's Gender Gap Index), que tiene en cuenta para cada país las oportunidades económicas, políticas, educativas y de bienestar para la mujer y que varían, por ejemplo, desde valores cercanos a 0,6 para Turquía y Corea hasta valores de 0,8 para Noruega, Suecia e Islandia.

El resultado final fue la constatación de que existía una estrecha correlación entre los datos de diferencias matemáticas y los referentes a igualdad de género, de modo que si matemáticamente se corrigiesen aquellos teniendo en cuenta éstos, entonces no habría diferencias en la destreza matemática entre chicos y chicas de ningún país. Además, mediante técnicas de medidas de diferencias genéticas se descartó que los resultados estuviesen influidos por las posibles variantes biológicas existentes entre los países, con lo que la conclusión final respecto a las Matemáticas es la de que las diferencias existentes entre hombre y mujeres quedarán paulatinamente eliminadas cuando se den, en cada país, unas condiciones reales de igualdad de género.

DESCIFRADO EL ENIGMA DE LA CINTA DE MOEBIUS

UNA CINTA O BANDA DE MOEBIUS ES UNA CURIOSA SUPERFICIE MUY FÁCIL DE CONSTRUIR. Coja una cinta de un material flexible o una simple tira larga rectangular de papel. Una sus dos extremos con un pegamento o cinta adhesiva pero previamente rote uno de sus extremos 180° respecto al otro. Ya lo ha conseguido y si lo ha hecho bien obtendrá una figura bidimensional, una especie de lazo, que se pliega espacialmente en forma de 8 o de signo de infinito.

TOPOLOGÍA • Sus particularidades topológicas y matemáticas son muy interesantes. Evidentemente se trata de una superficie bidimensional pero, a pesar de su apariencia, tiene una sola cara. Para comprobarlo basta con pasar un dedo o dibujar con un lápiz una línea superficial sobre la banda: se recorren las dos caras primitivas de la cinta inicial y se llega hasta el comienzo, tras pasar por el punto inicial dos veces más, una por el lado opuesto de la cinta y, la segunda, por el mismo lado del inicio cuando se completa el recorrido. Otra propiedad curiosa de la banda de Moebius es que si se corta la banda a lo largo de una línea que siguiese la línea dibujada en el centro del lazo, en vez de quedar éste dividido en dos lazos, se convierte en un lazo único con dos caras.

La Topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras geométricas del espacio que no varían cuando el espacio se dobla, da la vuelta, estira o deforma de alguna manera. La topología es un campo muy activo de las matemáticas modernas. De algunos de sus temas nos hemos ocupado en el pasado (véase <http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/>). Por ejemplo, la determinación del número mínimo de colores distintos necesarios para colorear un mapa de manera que no haya dos regiones contiguas con el mismo color. Kenneth Appel y Wolfgang Haken usando un potente ordenador demostraron que era suficiente con cuatro colores, sin depender del tamaño o del número de regiones. También comentamos en su día otra rama de la topología que todavía tiene muchos problemas por resolver, la teoría de nudos.

La banda de Moebius no es sólo una curiosidad topológica. En 1923 ya se obtuvo una patente norteamericana para una película de esta forma, en la que podrían registrarse ambas

caras. La idea se ha aplicado a cintas magnetofónicas, con lo que la cinta puede funcionar el doble de tiempo que lo haría otra normal.

Otras patentes cubren aplicaciones diversas: cintas transportadoras que sufren igual desgaste por ambos lados, bandas abrasivas, o un filtro auto limpiante destinado a máquinas de limpieza en seco, que por tener la forma de banda de Mobius facilita el lavado por ambas caras de la suciedad depositada en el filtro al ir este dando vueltas.

MOEBIUS • La banda de Moebius recibió su nombre por el matemático alemán August Ferdinand Möbius, que fue un pionero de la topología a principios del siglo XIX. August Ferdinand Moebius (o Möbius, 1790-1868) fue un matemático y astrónomo alemán, profesor de la Universidad de Leipzig y director de su observatorio astronómico. Sus aportaciones científicas fueron muy importantes en su época siendo muy apreciados sus libros CÁLCULO DEL BARICENTRO, PRINCIPIOS DE ASTRONOMÍA, y MANUAL DE ESTÁTICA. En Astronomía describió el cálculo de la ocultación de las estrellas por los planetas. En Geometría analítica fue el introductor de las coordenadas homogéneas e investigó las transformaciones proyectivas. Pero su nombre quedó ligado históricamente a sus estudios topológicos. Así, antes de que Francis Guthrie hubiera presentado el problema de los cuatro colores para colorear mapas, en 1840 Moebius había planteado lo siguiente: “Hubo una vez un rey que tenía cinco hijos. En su testamento estipuló que a su muerte, el reino habría de dividirse por sus hijos en cinco regiones, de tal forma que cada región tuviese una frontera común con cada una de las otras cuatro. ¿Es posible cumplir con los términos del testamento?”. La respuesta es negativa y fácil de demostrar, pero ilustra el interés de Moebius en las ideas topológicas, un área en la cual se le recuerda mucho como pionero.

Moebius realizó el descubrimiento de la cinta en 1858 y aunque el nombre de banda de Moebius está universalizado, otro matemático lo había precedido unos meses (julio de 1858). Se trataba de J. N. Listing, quien estaba trabajando sobre la fórmula de Euler cuando descubrió la idea. Su trabajo incluyó resultados sobre giros, semigiros, cortes, divisiones y longitudes y su trabajo lo publicó en 1861 mientras que el de Moebius no fue publicado hasta 1869, un año después de su muerte.

DESCIFRADO • Recientemente, en la revista *on-line* NATURE MATERIAL dos mate-

máticos, Starostin y van der Heijden, del University College London, resolvían el enigma que ha preocupado a los matemáticos durante más de 75 años: cómo predecir qué forma tridimensional tomará espontáneamente una banda de Moebius. Los primeros intentos matemáticos de resolverlo datan de 1930 y desde hace más de 20 años se ha venido trabajando sobre una serie de ecuaciones elaboradas pero que nunca fueron publicadas. Finalmente, se pudo elaborar matemáticamente un sistema predictivo que demostró que, como era lógico, la forma espacial de la banda dependerá de la longitud y de la anchura del rectángulo inicial que se use para su construcción. Las ecuaciones pueden tener utilidades adicionales ya que son aplicables a cualquier tira rectangular que gire o se doble, lo que pudiera ser utilizado en la fabricación de nanotubos de carbono, hechos con láminas rectangulares de átomos de carbono e incluso en problemas más complejos, como la comprensión de la forma de las biomoléculas.

TRES MUJERES MATEMÁTICAS

EN OTRA COLABORACIÓN NOS REFERÍAMOS A LA INVESTIGACIÓN que ha aclarado la falsedad del extendido prejuicio de la existencia de una incapacidad neuronal femenina en relación con los esquemas de razonamiento de las Matemáticas, cuando son los condicionamientos socioambientales los que determinan las aparentes diferencias entre varones y mujeres.

Tal como prometíamos nos ocuparemos en esta ocasión de las biografías de algunas matemáticas famosas. Ya lo hicimos con Hypatia de Alejandría. Hoy nos referiremos al ejemplo más antiguo conocido, el de Teano, en el siglo VI a.C. Y, tras ella, daremos un gran salto, hasta el siglo XVIII, en el que nos detendremos en una pareja de eminentes matemáticas.

TEANO • En los locales del Instituto de Enseñanza Secundaria Beatriz Galindo, a mediados del 2008, se celebró la exposición *La Mujer, Innovadora en la Ciencia*, una iniciativa de la Comisión de Mujeres y Matemáticas de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Una, la primera cronológicamente, de esas mujeres fue Teano. Su nombre está indisolublemente ligado al concepto de *razón áurea*, o *número mágico* que, por ejemplo, condiciona cosas tan diversas como las espirales logarítmicas de los caracoles, las piñas de las coníferas, la arquitectura de edificios como el Partenón, Notre Dame de París, o El Escorial, la obra de Leonardo Da Vinci, la música de Mozart e, incluso, las proporciones de las tarjetas de crédito.

Teano nació en Crotona (s. VI a.C.). Aunque pertenecía a una comunidad muy conservadora, en ella se aceptaban a las mujeres con los mismos derechos y deberes que los hombres. Así, en LA VIDA DE PITÁGORAS de Giamblico, figura un listado de estudiantes de la escuela de Pitágoras en la que hay 17 mujeres. Teano fue discípula predilecta y esposa de Pitágoras, a pesar de la diferencia de edad (unos 30 años), enseñando ella misma, sobre todo tras la muerte de Pitágoras y difundiendo los conocimientos matemáticos y filosóficos por Grecia y Egipto. En la escuela pitagórica las Matemáticas se estudiaban con pasión. Se afirmaba que *todo es número* ya que pensaban que mediante los números todo era explicable en la naturaleza. También concedían mucha importancia a la educación, tanto de

hombres como de mujeres, siendo importante que una mujer fuera inteligente y culta.

La tendencia de Pitágoras y los pitagóricos por ocultar sus descubrimientos hace que se sepa poco de ellos, pero a Teano se le atribuyen tratados de Matemáticas, Física y Medicina, o sobre los poliedros regulares y también se conservan fragmentos de sus cartas. Asimismo un tratado sobre la teoría de la proporción, en particular sobre la proporción áurea o número áureo, popular para el gran público tras el éxito mediático del CÓDIGO DA VINCI.

AGNESI • María Gaetana Agnesi fue un gran ejemplo de inteligencia y coraje. Nació en 1718 siendo su padre profesor de matemáticas. Cuando el resto de niños de su edad están enfrascados en los juegos, a los nueve años, hablaba francés, latín, griego, hebreo y algunas otras lenguas y había escrito un discurso defendiendo la educación de las mujeres.

No era extraño, en su adolescencia, verla discutir con ilustres matemáticos sobre temas como la propagación de la luz o la naturaleza de los cuerpos transparentes o de las figuras curvilíneas en geometría. A los 20 años quiso entrar en un convento tras la muerte de su madre durante el parto de su octavo hijo, pero su padre se negó. Ello condujo a un pacto: a cambio de no tomar los hábitos, seguir viviendo en casa, y cuidar del padre y de los hermanos, pidió “poder ir a misa siempre que quiera, vestir sencilla y humildemente, y no tener que asistir a bailes y fiestas”. Su padre contrajo nupcias otras dos veces. María Agnesi asumió el papel de madre de sus veinte hermanos y el dolor de que la mayoría de ellos no superaron la infancia.

En esa época, 1738, con 20 años de edad, publicó una colección de ensayos filosóficos, PROPOSITIONES PHILOSOPHICAE, donde abordaba problemas de filosofía natural. Durante diez años, desde los 20 a los 30, se dedicó intensamente al estudio del álgebra y la geometría, publicando su trabajo más importante, las ISTITUZIONI ANALITICHE, editado en varios idiomas y utilizado como manual universitario en universidades de distintos países. Inmediatamente se tradujo al francés y al inglés. La Academia de París comentaba al respecto: “... consideramos este tratado como la obra más completa y mejor escrita en el género”.

Tras la muerte de su padre, se dedicó a obras caritativas para mujeres enfermas. Murió el 9 de enero de 1799 y nunca se casó.

GERMAIN • Sophie Germain (1776-1831) es otro ejemplo admirable de tenacidad e inteligencia. Hija de un rico comerciante francés, desde muy niña vivió obsesionada con el

estudio de las matemáticas, por lo que sus padres, en un vano intento de dificultarle los estudios, por la noche le escondían las velas y le retiraban la ropa de su habitación. Consiguieron vencer la oposición familiar y, finalmente, sus padres financiaron los estudios de su hija, pero le fue bastante difícil luchar contra el machismo de la sociedad y de la universidad.

Ante la imposibilidad de ingresar en la École Polytechnique, para lograrlo, decidió suplantar la identidad de un antiguo alumno (Antoine-August Le Blanc). Por correo recibía de la secretaría de la escuela los apuntes y problemas y respondía por el mismo medio. Pero, al cabo de cierto tiempo, el profesor, Lagrange, admirado de la brillantez del alumno, provocó la oportuna entrevista y Sophie se vio obligada a revelar su auténtica identidad. A partir de entonces, el profesor se convirtió en su mentor y amigo.

Fueron admirables sus trabajos en teoría de números, en teoría de la elasticidad, los llamados números primos de Germain, el teorema de Germain, etc. Gran admiradora del llamado *príncipe de los matemáticos* Karl Friedrich Gauss, comentaba con él por correspondencia, usando la identidad masculina de Le Blanc, sus hallazgos matemáticos.

De niña Sophie había leído la HISTORIA DE LAS MATEMÁTICAS de Montucla, y le impresionó el caso de Arquímedes, asesinado por un soldado romano ante el incumplimiento de una orden, posiblemente por estar demasiado concentrado en sus ideas. Por ello, cuando Napoleón invadió Prusia, Sophie, que conocía a uno de los generales de Napoleón, le envió un mensaje a su amigo para que garantizase la vida de Gauss, cosa que así hizo el general con gran extrañeza del propio Gauss, quien no conocía por su nombre a su salvadora y que le escribió a Germain una carta en la que le decía. “Pero cómo describirle mi admiración y asombro al ver que mi estimado corresponsal Sr. Le Blanc se metamorfosea en este personaje ilustre que me ofrece un ejemplo tan brillante de lo que sería difícil de creer...”.

Sophie Germain no llegó a estar casada. En el certificado de defunción se le calificaba como *rentière-annuitant*, es decir, mujer rentista sin oficio.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

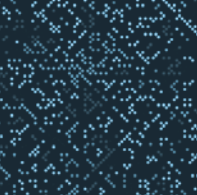
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50



EL GRAN PRIMO

IMAGINE EL AMABLE LECTOR UN NÚMERO COMPUESTO DE TANTOS DÍGITOS (más de trece millones) que si comenzamos a enumerarlos sin interrupciones oralmente ahora mismo, a una velocidad de uno por segundo, la lectura no finalizaría hasta dentro de ¡cinco meses!. Ese número, el mayor número primo conocido se ha encontrado y el hallazgo le hace merecedor de aspirar a la concesión de un premio de cien mil dólares. Se trata del número primo que ocupa el lugar 45 de la *serie de números primos de Mersenne*.

HISTORIA • El estudio de los números naturales constituye la compleja e interesante rama matemática de la **Teoría de Números**, a la que el más importante matemático de la historia, Carl Friedrich Gauss (1777-1855), le atribuía el carácter de **Reina de las Matemáticas**. Los números naturales se dividen en dos categorías: los compuestos se pueden expresar como el producto de otros varios y, así, el número 30 equivale a $2 \times 3 \times 5$, mientras que los primos están formados por una sola pieza, sólo son divisibles por sí mismos y por la unidad. Estos números siempre han ejercido una fascinación especial para los matemáticos y científicos.

En el siglo IV antes de Cristo, en el libro IX de LOS ELEMENTOS, de Euclides, ya se enunció el conocido como **Teorema Fundamental de la Aritmética**, que nos indica que todo número natural igual o mayor a dos se puede expresar, de manera única, como un producto de números primos. Trazando una analogía los números primos serían como los átomos en Química, que son irreducibles y generan las moléculas mediante diversas combinaciones. El problema radica en que encontrar los números primos que dividen a un número dado es un problema bastante difícil, no sólo desde un punto de vista teórico, sino también computacional. Es decir, que ni el ordenador más potente puede encontrar en un tiempo razonable, los divisores primos de un número que sea un poco *grande*. Esta circunstancia es utilizada para la criptografía, ya que muchos métodos de codificación de información usan de esa propiedad. Pero, aunque a partir de un cierto grado de complejidad es muy difícil localizar cuáles son los números primos lo que sí se demostró, desde el propio Euclides es que su número es infinito.

A lo largo de la historia muchos matemáticos se han dedicado a estudiar los números pri-

mos y les han dado su nombre a ciertas series de ellos. Así sucedió con Marin Mersenne, un fraile francés de la orden de los mínimos, que en el siglo XVII, en la celda de su convento, solía discutir sobre los números del tipo de dos (elevado a n) -1 , con personajes como Fermat o Pascal. En el año 1644, en el prólogo de su libro *COGITATA PHYSICA-MATHEMATICA*, estableció que considerando un primo n entre 2 y 257, entonces, dos (elevado a n) -1 es primo sólo para los números n siguientes: 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 31, 67, 127 y 257.

CARRERA • Hubieron de pasar más de 100 años para que el gran matemático suizo Leonhard Euler demostrase que, efectivamente, si $n = 231$ el número resultante no es primo y también para corregir la serie de Mersenne a partir de número 31: 61, 89, 107 y 127. El número primo número doce de esta serie de Mersenne, el 2 (elevado a 127) -1 , sería como descubrió Lucas, en 1876, el 70.141.183.460.469.231.731.687.303.715.884.105.727. Durante 75 años mantuvo el récord de ser el número primo más grande conocido y siempre seguirá ostentando el de ser el número primo más grande descubierto usando métodos manuales.

Para abordar la meta de descubrir números primos cada vez mayores, en 1951 Ferrier usó por primera vez una calculadora mecánica superando al número de Lucas con otro de 5 cifras más. Pero poco duró la marca, ya que ese mismo año el uso de un ordenador permitió una nueva superación en 35 cifras más. Era el comienzo de la era de la electrónica.

Lucas había usado para su logro un método mejorado por Lehmer en 1930, conocido como *test de Lucas-Lehmer*. Este test se adapta muy bien a la tecnología digital debido a que en sistema binario digital la división por 2 (elevado a n) -1 se reduce a sumas y rotaciones de cifras. Esta circunstancia es la que ha facilitado que en las últimas décadas todos los récords sobre grandes números primos correspondan a estos números primos de la serie de Mersenne.

Así, en el año 1951 el mayor número primo conocido alcanzó las 79 cifras, lo que quedó pulverizado en menos de un año, al pasar a 687 cifras, que ya eran 3.376 en 1962. Como la potencia de los ordenadores se incrementó enormemente en esta época, la traducción en el cálculo fue inmediata. Con el computador Cray T94, en 1966, se demostró la existencia del trigésimo cuarto número primo de Mersenne, el 2 (elevado a 1.257.781) -1 , con un contenido total de 376.632 cifras.

GIMPS • El avance tecnológico que supone Internet revoluciona todo y también lo ha

hecho con este campo. A finales de 1995 George Woltman, programador y apasionado de la teoría de números, creó un programa optimizado para la búsqueda de primos de Mersenne y lo colgó en la red. Así empezó el *proyecto GIMPS* (Great Internet Mersenne Prime Search). La idea era que colaboradores de todo el mundo, a través de sus ordenadores personales, operasen sobre una base de datos central (www.mersenne.org). Scott Kurowski, en 1997, automatizó el proceso de participación y desde entonces, basta con un ordenador personal y la conexión a Internet para participar en la histórica búsqueda de los números primos, tras descargar el software necesario. Automáticamente, la base de datos central le asigna al ordenador una serie de cálculos que son realizados con los recursos que no están siendo utilizados en cada momento, no interfiriendo así en su actividad normal. Una vez obtenidos los resultados, el mismo ordenador local los transfiere al central.

Los primeros éxitos logrados, con los consiguientes récords de tamaños, fueron en 1996, por voluntarios franceses; en 1997, por ingleses; en 1998 y 1999, por americanos; y en el 2001 por canadienses. La Electronic Frontier Foundation ya entregó un premio de 50.000 dólares, a Nayan Hajratwala, por descubrir en 1999 el primer número primo de más de un millón de cifras. Esta misma institución ofreció un premio de 100.000 dólares para el descubridor del primer número primo con más de 10 millones de cifras. Ya se ha conseguido.

El número tiene más de 13 millones de dígitos, como comentábamos en el inicio de esta colaboración, y lo han logrado un grupo de matemáticos de la Universidad de California en Los Ángeles utilizando 75 ordenadores enlazados entre sí. La entrega del premio se lleva a cabo tras su publicación en una revista científica. La Fundación ya ha ofrecido otro premio de 150.000 dólares para el número de más de cien millones de dígitos. ¿Cuánto tardará en descubrirse?

ANÉCDOTAS Y FALSEDADES

AL ESCRIBIR ESTAS LÍNEAS NOS ENCONTRAMOS INICIANDO UN NUEVO CURSO ACADÉMICO y en la Universidad está instaurada la gran discusión de lo que significa la concordancia europea y los cambios docentes que han de realizarse al respecto. Y, como suele suceder frecuentemente, falta el sentido común.

Como contrapunto de muestras evidentes de sentido común dedicaremos este artículo a comentar alguna anécdota relacionada con la docencia científica o con algún malentendido científico.

ANÉCDOTA • A inicios del siglo XX los estudios de Física en la Universidad de Copenhague eran de muy alta calidad. En uno de los exámenes un profesor quedó extrañado ante una insólita respuesta de uno de sus estudiantes.

La cuestión del examen consistía en exponer cómo calcular la altura de un edificio con la ayuda de un barómetro, instrumento que, como es bien sabido para lo que sirve es para la determinación de la presión atmosférica. La respuesta que dio el estudiante había sido: “subamos a la azotea del edificio, atemos una cuerda muy larga al barómetro, dejemos descollarlo hasta la calle, marquemos el punto superior de la cuerda y, finalmente, midamos la distancia entre ese punto y el del anudamiento con el barómetro”. Las dudas del profesor eran que aunque la respuesta era correcta no demostraba que tuviese unos adecuados conocimientos de física. Por ello, cualquier calificación podría ser inadecuada.

Aunque el profesor se disponía a suspender al alumno, ante la petición de algunos estudiantes y profesores decidió consultar el caso con un gran científico, Sir Ernest Rutherford, padre de la física nuclear y Premio Nobel de Química en 1908, cuya investigación se realizaba en esa época en la Universidad de Manchester.

Lord Rutherford sugirió al profesor que le diese otra oportunidad al alumno y en ella, en presencia del propio Rutherford, le concedieron al alumno 6 minutos para que respondiese a la misma pregunta, pero con la condición de demostrar sus conocimientos físicos. Durante los primeros 5 minutos permaneció totalmente inactivo. Al preguntarle si deseaba marcharse

contestó que su dificultad era la de encontrar la mejor respuesta entre las muchas existentes y al pedirle que explicase una respondió: “desde la azotea del edificio se deja caer el barómetro y se mide el tiempo de caída y, a continuación el cuadrado de ese valor multiplíquese por el valor de la gravedad y divídase por dos. El valor resultante será la altura”.

Ante esta insólita pero acertada y física respuesta Rutherford sugirió que le diesen la nota más alta pero, intrigado, le preguntó al estudiante por las otras posibles respuestas. Y el estudiante fue explicándolas: 1) Se coge el barómetro verticalmente y se mide su altura y la longitud de su sombra. Después se mide la longitud de la sombra del edificio y con una simple regla de tres simple se calcula la altura del edificio; 2) Se mide la longitud del barómetro y se suben todas las escaleras del edificio, marcando con el barómetro y contando el número total de veces precisas; 3) Desde la azotea se ata el barómetro con una cuerda y se mueve pendularmente en un movimiento semicircular vertical. Se mide el tiempo entre la posición superior y a la que se llega más inferior por un movimiento circular acelerado (aceleración de la gravedad) y con una sencilla fórmula trigonométrica se calcula la altura. 4) Otra variante es usar el sistema como un péndulo y medir su periodo de oscilación. 5) Existen otras posibilidades y la más directa posiblemente sería la de coger el barómetro, golpear la puerta de la casa del conserje, y decirle: “Señor conserje, aquí tengo un bonito barómetro. Si usted me dice la altura de este edificio, se lo regalo”.

Lord Rutherford, verdaderamente sorprendido le preguntó al estudiante si conocía la respuesta convencional al problema, es decir, que la diferencia de presión marcada por un barómetro en dos puntos diferentes nos proporciona la diferencia de altura entre estos puntos. La respuesta fue: “Sí, la conocía, pero durante mis estudios los profesores lo que han intentado es enseñarme a pensar”.

El estudiante se llamaba Niels Bohr, quien posteriormente trabajaría con Rutherford, publicaría su célebre modelo atómico en 1913, introdujo la teoría de las órbitas cuantizadas, y obtuvo el premio Nobel de Física en 1922.

¡Qué gran lección para profesores y alumnos!

EFFECTO INVERNADERO • Es un fenómeno que todo el mundo conoce y lo ha sufrido, por ejemplo en el interior de un automóvil parado y cerrado. A él se le achaca el calentamiento actual de la Tierra. Explicaciones usuales que intentan divulgarlo suelen ser de esta índole: “Un invernadero está cubierto con materiales como vidrio o plásticos transparentes a

la radiación visible, pero opacos a la radiación infrarroja. Por ello la radiación solar calienta el interior, pero la radiación infrarroja emitida por el interior caliente no puede escapar por el vidrio, de modo que la temperatura se eleva”.

Evidentemente sucede el calentamiento, pero ¿son esas las causas? No exactamente. El calor se puede transmitir por tres mecanismos: conducción, convección y radiación. La convección suele ser el más rápido y eficaz en la vida cotidiana. Cuando calientas algo en el interior de un fluido, prácticamente toda la pérdida térmica que se produce es debida a la convección: el objeto calienta el fluido a su alrededor, de modo que éste se vuelve menos denso y asciende, llevándose consigo el calor desprendido por el objeto siendo sustituido por otro fluido cercano que está más frío y que el objeto calienta, repitiéndose el ciclo una y otra vez.

Un jersey, una manta o un invernadero, lo que impiden es el fenómeno de convección, evitando que el aire caliente sea sustituido por otro más frío. En el caso del invernadero las paredes del recipiente pueden transmitir radiación infrarroja y se calientan y emiten radiación, pero todo ello de un modo escaso, es decir que lo que mantiene el calor dentro del invernadero es la *opacidad* de sus paredes al aire, impidiendo la convección al exterior.

Por ello sí, por ejemplo, hay un agujero cerca del suelo del invernadero éste sigue funcionando bastante bien y de hecho, algunos invernaderos ni siquiera están cerrados por debajo. Si el agujero está en el techo, la temperatura desciende muy bruscamente y el invernadero deja de ser útil, pues se pierde calor muy rápidamente, no por radiación, sino porque todo el aire caliente está escapándose por convección.

El experimento clave fue realizado por R. W. Wood y fue publicado nada menos que en el año 1909. Construyó dos pequeños invernaderos, uno cubierto por una ventana de vidrio (opaco a la radiación infrarroja de onda larga), y otro por una ventana de sal de roca (transparente a la radiación infrarroja de onda larga). De este modo, su invernadero de sal de roca no presentaba en absoluto opacidad a la radiación infrarroja procedente del interior. Pues bien, los dos invernaderos se comportaron de modo muy parecido.

LA ESPINTRÓNICA EN NUESTRAS VIDAS

ALBERT FERT ES UN CIENTÍFICO FRANCÉS (Carcassonne, Francia, 1938), que chapurrea aceptablemente el español, ha impartido varias conferencias en nuestro país y se declara admirador del cine de Almodóvar. Desarrolla su labor científica en la Universidad Paris-Sud de Orsay, cerca de París, donde dirige la unidad mixta de física CNRS/Thales desde 1995. Es considerado el padre de la espintrónica, “una ciencia bebé que está creciendo muy sana”, y obtuvo junto al alemán Peter Grünberg el premio Nobel de Física del año 2007. Ambos fueron descubridores independientes del fenómeno de la magnetorresistencia en 1988, aunque fue Grünberg el primero en patentar la novedad, que luego vendió a IBM.

Complementariamente a estos hechos la revista SCIENCE ha considerado el avance de la aplicación de la espintrónica como uno de los diez hechos científicos más relevantes del 2007. Por ello, nos ocupamos de este tema que tanta repercusión puede tener en nuestra vida práctica.

ESPÍN • Como parte de los actos de la concesión del Nobel el profesor Fert dio una conferencia en el Aula Magna de la Universidad de Estocolmo, una presentación en Power Point con la que por cierto tuvo algunas dificultades, insistiendo en el brillante presente y futuro de la espintrónica: “En pocos años habremos manipulado las microondas radiofónicas, las memorias de los ordenadores serán diferentes, los teléfonos móviles funcionarán por un sistema que consumirá muchísima menos energía, sus baterías durarán mucho más tiempo e incluso se podrán ver películas de alta definición en el iPod”. La *espintrónica*, entonces, “marcará un antes y un después en la ciencia”, aseguró. Incluso “ha sido toda una sorpresa también para el mundo de los negocios”.

La espintrónica es una consecuencia de la existencia del espín, una propiedad ligada al magnetismo y de la consideración cuántica relativista de los electrones. Hacia 1920 los científicos llegaron a la conclusión que para describir a los electrones en el átomo, además de los *números cuánticos clásicos*, se requería de un cuarto concepto, el llamado espín del electrón, derivado del hecho de que, aparte de su masa y carga eléctrica, los electrones rotan. El espín se

representa con un vector y lleva asociado un diminuto campo magnético. Para un electrón (esfera) que gire de oeste a este, el vector apunta hacia el norte (arriba) y si gira de este a oeste el vector se dirige al sur (abajo). Por tanto, hay dos clases y dos valores de espín. Es importante que, en un campo magnético los electrones con diferente espín presenten diferente energía.

En un campo eléctrico ordinario los electrones se orientan aleatoriamente y el resultado final es que su orientación individual no influye en la corriente eléctrica. Sin embargo, en los dispositivos espintrónicos la situación es bien diferente.

ESPINTRÓNICA • La palabra espintrónica es un neologismo derivado de los conceptos de *espín* y *electrónica* y se conoce también con el nombre de *magnetoeléctronica*. Un dispositivo espintrónico operaría con electrones polarizados, es decir, que todos ellos poseen el mismo valor de espín y contaría con sistemas capaces de ser sensibles a dicha polarización. En tal caso, un dispositivo espintrónico muy simple usando *electrones espín polarizados* podría permitir la transmisión de un par de señales por un único canal, produciendo una señal diferente para los dos valores posibles, duplicando así el ancho de banda del cable. Un paso más avanzado sería disponer de un dispositivo que pudiese realizar algún tipo de procesamiento en la corriente, de acuerdo con los estados de los espines.

El método más simple para conseguir electrones espín polarizados es hacer pasar una corriente a través de un material ferromagnético, un cristal único que filtra a los electrones de manera uniforme. Si se dispone el filtro frente a un transistor, éste se convertirá en un detector sensible a los espines. Si los dos campos magnéticos están alineados, entonces la corriente podrá pasar, mientras que si se oponen aumentará la resistencia del sistema, efecto conocido como *magnetoresistencia gigante*.

Probablemente el dispositivo espintrónico más exitoso hasta el momento haya sido la *válvula espín*, con una estructura de capas de materiales magnéticos que muestra enorme sensibilidad a los campos magnéticos. Cuando uno de estos campos está presente, la válvula permite el paso generalizado de los electrones, pero en caso contrario sólo deja pasar a los electrones con un espín determinado. Existen algunas aplicaciones prácticas de dispositivos magnetoeléctronicos comercializados, como las cabezas lectoras magnetorresistivas que utilizamos para leer la información almacenada magnéticamente en los discos duros de nuestros ordenadores o los sensores de posición de no contacto para automóviles, en el ámbito de la seguridad y comodidad.

Una aplicación espintrónica de gran trascendencia en el futuro será la de los *qubits espintrónicos*. Todos sabemos que en los ordenadores cada bit tiene un valor definido: 0 ó 1. Ello significa (sistema de numeración de base 2) que con una serie de 8 bits se puede representar cualquier número desde el 0 al 255, pero una serie (00101110, por ejemplo) solo representa a un número cada vez.

Los 2 valores de espines electrónicos (*arriba* y *abajo*) podrían usarse como bits, con lo que los bits cuánticos o qubits podrían existir como superposición de 0 y 1, siendo a la vez ambos números. Y 8 qubits pueden representar cada número de 0 a 255, pero simultáneamente. Ello dará lugar a una nueva generación de ordenadores basados en la *computación cuántica*.

APLICACIONES • Desde hace años los científicos de IBM comprobaron que pequeñas alteraciones en las resistencias magnéticas aumentaban de manera exponencial la capacidad de los discos duros, permitiendo así, entre otras cosas, reducir el tamaño de los aparatos electrónicos. Los dispositivos espintrónicos deben ser más rápidos y requerir menos energía que los dispositivos electrónicos tradicionales.

En un futuro próximo se comercializarán las memorias magnéticas no volátiles basadas en *uniones túnel magnéticas* de aplicación en las memorias RAM de ordenadores y en memorias para cámaras digitales, teléfonos móviles, etc. Es de esperar que otro objetivo de la espintrónica sea desarrollar semiconductores capaces de manipular el magnetismo de los electrones. Y no olvidemos que los semiconductores se utilizan para fabricar microchips, que están en el corazón de todos los ordenadores y de muchos otros dispositivos electrónicos.

Según el Nobel Fert “la investigación está abriendo muchas posibles vías que incluso afectan al campo de la medicina, permitiendo *detectar las biomoléculas* mediante procesos magnéticos”.

Josep Fontcuberta, del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, uno de los investigadores españoles que colabora con Fert ha señalado que lo que Fert y Grünbert descubrieron hace casi 20 años está colocado en ordenadores desde hace 10, es decir, un salto al mercado “más rápido que el más rápido, que eran los transistores”. Por ello, lo que ahora es futuro, previsiblemente, será presente muy pronto.

LA NATA MONTADA Y LA LANZADERA ESPACIAL COLUMBIA

CUANDO SE COGE UN ENVASE DE NATA MONTADA DEL FRIGORÍFICO y se vierte una porción del contenido sobre una cuchara se puede observar que tras salir del envase fluyendo suavemente como un líquido, poco después se convierte en una masa mucho más rígida, casi sólida, en la cuchara. Y, aunque parezca extraño, la explicación científica del fenómeno guarda una estrecha relación con la lanzadera espacial Columbia y el terrible accidente que sufrió.

El sábado 1 de febrero del año 2003, exactamente en el momento previsto, y con toda la tripulación, 7 miembros, dentro de sus trajes de presión y atados a sus asientos, la lanzadera espacial Columbia iniciaba su regreso a la Tierra tras una misión de gran interés científico. Numerosos testigos observaban su espectacular y brillante paso por los cielos californianos. Instantes después, la humanidad quedó horrorizada al contemplar las imágenes de su estallido y destrucción. Transcurridos bastantes años de aquel desastre los restos de un chamuscado disco duro de sus ordenadores siguen proporcionándonos datos de sumo interés científico.

RESTOS • Los primeros signos de que algo iba mal se presentaron a las 13:53 UTC de aquel día. La telemetría indicó una pérdida de lectura de los sensores de temperatura de los alerones del ala izquierda, mientras al mismo tiempo aumentaba la temperatura de la zona del tren de aterrizaje, en el mismo lado izquierdo. Unos siete minutos más tarde se perdía el contacto con la nave y las primeras comunicaciones exteriores de testigos y las lecturas del radar indicaban que la nave se había desintegrado. El desprendimiento, durante el despegue, de una loseta térmica aislante fue la causa de la tragedia.

La NASA emitió varios mensajes relativos a los restos de la nave extendidos sobre una inmensa superficie terrestre, advirtiendo sobre su posible toxicidad, además del gran valor que tendrían para las investigaciones posteriores. Muchos de los restos fueron localizados dispersos en una amplia área que cubría varios estados y trasladados para su investigación a la Barksdale Air Force Base.

La expedición del Columbia comprendía más de 80 experimentos científicos, la mitad de

ellos comerciales. Entre los experimentos figuraba el denominado CVX-2 cuyos datos se fueron almacenando en un disco duro comercial de 400 gigabytes, protegidos por una *caja de tarjetas* de metal, alojado junto con otros equipos electrónicos en un gran recipiente en la bodega de la lanzadera. Debido a los problemas de comunicaciones en el momento del accidente una parte de esos datos todavía no se habían descargado a la Tierra y permanecían en el disco duro. Tras la catástrofe se creyó que el disco se habría salido de la caja y quemado, pero el análisis minucioso de todos los restos hallados hizo que en un determinado momento los ingenieros del Centro Espacial Johnson encontrasen la caja en el hangar del Centro Espacial Kennedy donde estaban depositados gran parte de los restos del Columbia. La caja contenía un disco duro muy chamuscado que fue enviado a la empresa Ontrack Data Recovery de Minneapolis, para intentar la recuperación de cualquier dato que se mantuviera en el mismo.

Efectivamente se logró hacerlo y los datos recuperados supusieron un 99 por ciento del total posible, aunque los resultados eran tan complejos que se necesitarían varios años para su análisis y para dar lugar a la correspondiente publicación científica que vio la luz en un número de la revista *PHYSICAL REVIEW B* del año 2007, tras unos resultados muy previos que se anunciaron en el año 2003.

CVX-2 • El cambio en la apariencia de la nata montada se debe a un fenómeno físico conocido con el nombre de *adelgazamiento por corte* (shear thinning, en inglés): cuando una parte de la espuma se fuerza a resbalar o cortar a través del resto de la espuma aquella se hace más viscosa y *adelgaza*. El adelgazamiento por corte ocurre en muchas sustancias; por ejemplo, cuando el ketchup fluye de la botella y no gotea o resbala demasiado sobre la superficie de las patatas fritas; ese adelgazamiento por corte también permite que una pintura fluya suavemente por la brocha pero que se quede pegada a la pared que pintamos. Es, asimismo, importante en la explicación de comportamientos de fluidos como la sangre, de los polímeros líquidos (como los plásticos fundidos usados en la fabricación de moldes) o de los aceites para motores. En este último caso el excesivo adelgazamiento por corte en el aceite de un motor es poco conveniente, porque ello afecta a su rendimiento.

¿Cuáles son las causas del fenómeno del adelgazamiento por corte? Era una pregunta sin resolver por la Ciencia. Para investigar el problema se diseñó el experimento llamado *Viscosidad Crítica del Xenón-2* (Critical Viscosity of Xenon-2 o CVX-2, en idioma inglés) para ser realizado en las condiciones proporcionadas por el Transbordador Espacial Columbia. A

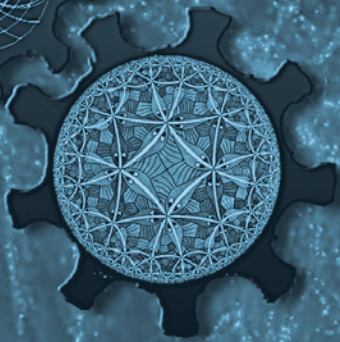
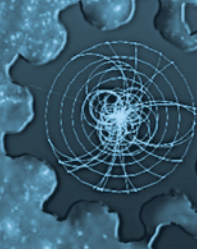
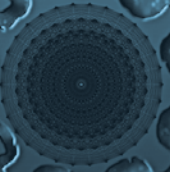
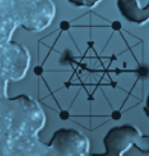
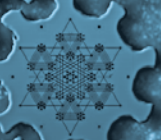
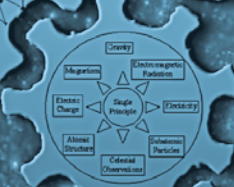
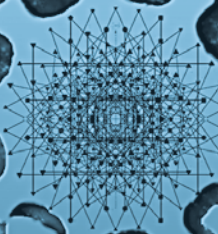
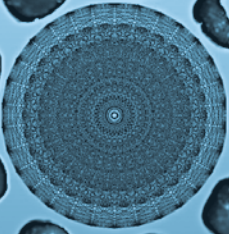
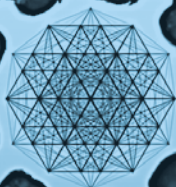
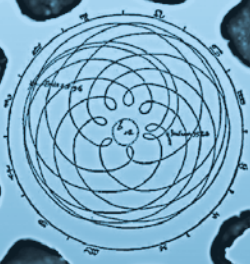
diferencia de la nata montada, que está compuesta por largas y complejas moléculas orgánicas, el xenón es químicamente inerte, y sus moléculas están compuestas por un solo átomo por lo que sería relativamente más fácil entender su comportamiento. Los fluidos como el xenón no experimentan adelgazamiento por corte, salvo si se ponen en condiciones cercanas a su *punto crítico* que es una situación especial de temperatura y presión donde los fluidos pueden existir simultáneamente en estado líquido y gaseoso. En ese punto crítico, los fluidos simples pueden adelgazar al ser cortados, exactamente como lo hace la nata montada.

COLUMBIA • El xenón en su punto crítico se parece a una niebla difusa, una mezcla de regiones microscópicas con densidades levemente más altas o más bajas. Estas minúsculas regiones de densidad variable aparecen y desaparecen constantemente en una agitada espuma, otorgando al xenón algunas de las complejidades estructurales de las mezclas con adelgazamiento por corte. El experimento CVX-2 debería hacerse en el espacio, pues en esas condiciones los fluidos en punto crítico se comprimen fácilmente. En la Tierra colapsan bajo su propio peso y se vuelven más densos en los fondos de los recipientes.

En cambio, en condiciones de caída libre orbital, esas diferencias desaparecen, lo cual constituye un requisito clave. Para investigar el adelgazamiento por corte, durante el experimento CVX-2, se ajustaron la temperatura y la presión en un pequeño cilindro hasta llevar al xenón a su punto crítico y se agitó cuidadosamente el fluido con una paleta de malla de níquel. Al medir la resistencia del fluido al movimiento de la paleta, el experimento podía determinar la viscosidad del xenón. Luego, se buscaron cambios de viscosidad conforme se cambiaba lentamente la velocidad de la paleta y la temperatura del fluido y se intentó comprobar la concordancia de los resultados obtenidos con los predichos por algunas hipótesis teóricas sobre el fenómeno.

Los resultados obtenidos concordaron exactamente con las predicciones de una de las teorías posibles preexistentes, la del *Acoplamiento Dinámico de Modos*, lo que podrá ayudar a usar esta teoría para predecir comportamientos y elaborar otras mejores teorías sobre el adelgazamiento por corte en fluidos más complejos, y ello significará múltiples aplicaciones, entre ellas las industriales relacionadas con la elaboración de mejores pinturas o aceites para motores.





LA TEORÍA DEL TODO

EL ASTRÓNOMO BRITÁNICO STEPHEN HAWKING, un bromista profundo a pesar de la enfermedad de Lou Gehrig que le tiene confinado en una silla de ruedas desde su juventud, en su gira de conferencias en Hong Kong, a finales del 2007, deleitó al auditorio con algunas de sus intervenciones características. Una frase ingeniosa suya fue la de que “Comprender el Universo es más fácil que entender a las mujeres”.

TEORÍAS • Las conferencias de Stephen Hawking se incluyen en el contexto de la discusión sobre una *teoría del todo* que pudiera explicar todo nuestro mundo material, entre otros. La idea del científico inglés es la que, matemáticamente, aplicando el teorema de incompletitud de Gödel, se puede comprobar que es imposible aspirar a una *Teoría Unificada del Todo*.

Sin embargo, salvando la opinión de Hawking, es lícito que nos preguntemos si será posible algún día que la ciencia cuente con una teoría global, una teoría del todo, que sirva para entender el Universo, sus características, las de la materia y la energía, así como sus orígenes.

Sin duda este propósito ha acompañado al ser humano desde que estuvo dotado de conciencia. En el mundo clásico, Claudio Tolomeo (c. 100-c. 170), astrónomo y matemático, posiblemente nacido en Grecia, desarrolló todo un modelo de Universo, con un alto contenido matemático, el sistema tolemeico. Las teorías tolemeicas pretendían ser una explicación global matemático-física de todo el Universo y fueron dominantes durante bastantes siglos, hasta el XVI.

Otros científicos fueron exponiendo teorías que intentaban explicar el comportamiento material del Universo y sus fuerzas elementales. El geocentrismo de Tolomeo fue sustituido por el heliocentrismo de Copérnico, mejorado sucesivamente por Galileo (valorando las observaciones científicas), Newton (con la idea de la gravitación universal y de que espacio, tiempo y materia son diferentes) y Einstein, para quien espacio, tiempo y materia-energía son formas de una misma entidad. La acción de los rayos cósmicos dio lugar al descubrimiento de un vasto y rico mundo subnuclear de partículas elementales (leptones, quarks, bosones, muones, piones, etc.) y de las fuerzas de interacción existentes entre ellas (gluones, fotones, bosos-

nes, partículas W, Z, etc.) y se desarrolló el llamado modelo estándar de la materia para procurar encajar todos los datos respecto a la materia y sus interacciones.

Aunque el modelo estándar es compatible con todos los experimentos realizados hasta la fecha, presenta bastantes incertidumbres. No incluye la gravedad, que es la fuerza más débil, ni explica la variedad de las masas de las partículas, ni unifica completamente las interacciones fuertes y electrodébiles. Pero el modelo estándar y la teoría general de la relatividad tienen el escollo de la gravedad para su compatibilidad. Para intentar solucionar el problema se desarrollaron otras dos teorías, competidoras entre sí, no totalmente satisfactorias: la *teoría de las cuerdas* y otra, menos famosa, la de la *gravedad cuántica de bucles de Lee Smolin*.

En los últimos tiempos numerosos medios de comunicación científicos y divulgativos se han ocupado de una nueva y aparentemente definitiva *teoría del todo* cuyo autor, Garret Lisi, ha llegado a ser señalado como un posible nuevo Einstein dotado de unas peculiaridades humanas y científicas de gran interés, mientras que otros lo describen como “un surfista lechuguino”. El ya citado Lee Smolin, conocido investigador del Perimeter Institute for Theoretical Physics en Waterloo, Ontario, Canadá ha calificado el trabajo de Lisi como fabuloso, mientras que David Ritz Finkelstein, del Georgia Institute of Technology de Atlanta opina que “Algo increíblemente bello se desprende de la teoría de Lisi”.

¿Quién es, pues, el personaje y qué intenta con su teoría?

PERSONAJE • Garret Lisi, de 39 años de edad, se doctoró en física en 1999 en la Universidad de California. Desde entonces, sin puesto académico fijo, es científico visitante en la Universidad de Hawai, lugar donde reside la mayor parte del año y compatibiliza su interés por la física con la práctica del surf en Maui, Hawai y, en invierno, con la del *snow-surf* en Lake Tahoe, Nevada. También ha sido, entre otras ocupaciones, guía de senderismo en la jungla.

Este personaje tan activo ha encontrado tiempo para escribir un trabajo titulado *An exceptionally simple theory of everything* (Una excepcional sencilla teoría de todo), publicado en la revista electrónica arXiv, la misma que publicó el trabajo de Perelman, ganador de la medalla Fields (el equivalente Nobel de Matemáticas) sobre la dilucidación de la *conjetura de Poincaré*.

Algunos científicos consideran la nueva *teoría del todo* de Lisi como el santo grial de la Física, la *gran teoría unificada* que los científicos han estado esperando desde la postulación

de la *teoría general de la relatividad* por Albert Einstein. Por cierto, Einstein, al igual que Lisi, cuando enunció su teoría tampoco ocupaba ningún puesto académico sino que era un empleado de una oficina de patentes.

Uno de los aspectos más destacables es que Lisi dice haber resuelto el problema sin recurrir a dimensiones exóticas, la teoría de cuerdas ni a matemáticas excepcionalmente complejas.

TEORÍA • La teoría de Lisi no requiere más que una dimensión de tiempo y tres de espacio, mientras que otros intentos de competidores anteriores se han basado en diez o más dimensiones espaciales y grandes complejidades. Para conseguirlo, Lisi se ha basado en **una matriz matemática denominada E8**. ¿Qué es el E8?

Sophus Lie fue un matemático noruego de la segunda mitad del siglo XIX, creador de buena parte de la teoría de la *simetría continua* y su aplicación a las estructuras geométricas y las ecuaciones diferenciales. Uno de sus logros más grandes fue el descubrimiento de que los *grupos continuos de transformación*, ahora conocidos como *grupos de Lie*, podían ser entendidos mejor linealizando y estudiando los correspondientes campos vectoriales generadores.

Hasta hace poco se desconocía la estructura completa del grupo que tiene la estructura más complicada de todos ellos, el E8. A principios del 2007 un grupo de matemáticos del American Institute of Mathematics consiguieron describirla completamente, resolviendo un problema centenario, a través de un trabajo que fue muy divulgado entre la comunidad matemática.

El principal obstáculo que existía era la capacidad de cálculo de los ordenadores. La estructura posee 248 dimensiones. Toda la información que se ha necesitado y generado para resolver el problema ocupa alrededor de 60 Gigabytes y según uno de los integrantes del grupo: “después de comprender las matemáticas subyacentes tardamos unos 2 años en implementarlo en un ordenador”.

La gran idea de Lisi fue darse cuenta de que las ecuaciones usadas para describir E8 eran análogas a las relacionadas con las 4 fuerzas fundamentales del Universo, de modo que si se aplican todas las partículas subatómicas conocidas sobre los 228 de los 248 vértices de E8 y se gira informáticamente la matriz, las partículas pueden combinarse dando 3 de las fuerzas conocidas, y añadiendo otras nuevas 20 probables partículas, se consigue la combinación hasta la cuarta fuerza no resuelta por Einstein ni contemplada en el modelo estándar, es decir, la gravedad.

Una ventaja de la *teoría del todo* de Lisi es que se podrá comprobar su veracidad o falsedad ya que predice la existencia de una serie de nuevas partículas, lo que podría ser posible contrastar cuando próximamente se ponga en funcionamiento el nuevo y potente acelerador de partículas europeo LHC (Large Hadron Collider) en Ginebra.

GRAFENO, UN MATERIAL ASOMBROSO

LA APARICIÓN DE LOS PLÁSTICOS REVOLUCIONÓ, en su día, la industria y la tecnología y su desarrollo ha afectado a nuestra civilización. ¿Sucederá lo mismo con el grafeno y materiales asociados?

El Premio y la Medalla Mott, instituidos por el Institute of Physics británico, en 1997, para conmemorar al Premio Nobel Sir Nevil Mott, son unas de las principales recompensas mundiales en el campo de la materia condensada y de los nuevos materiales. Los del año 2007 se concedieron a Andre Geim, director de un equipo investigador de la Facultad de Astronomía y Física de la Universidad de Manchester, por el descubrimiento de un asombroso material bidimensional, el grafeno, cuyas láminas solo tienen el espesor de un átomo.

HISTORIA • El grafeno es un miembro de una familia más amplia de estructuras en las que los átomos de carbono se unen en láminas planas, formando un *panal de abejas hexagonal* (con un átomo en cada vértice). Situados muchos panales uno sobre otro, se tiene el grafito. Si se enrolla una porción de una de esas láminas en forma de esfera, como un balón de fútbol, se producen fullerenos, unas moléculas de tan gran interés que a sus descubridores se les concedió el Nobel de Química del año 1996, tal como se puede consultar en http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/6_3_35.html. Si el panal se enrolla formando un cilindro se tiene un nanotubo de carbono.

Un grafeno sería un ejemplo único de esos panales extendido, una estructura casi plana, bidimensional, ya que su espesor es el de sólo un átomo.

Fue en el año 2004 cuando el grupo de Manchester y otro ruso, el del Dr. Kostya Novoselov, del Instituto para la Tecnología de la Microelectrónica en Chernogolovka, Rusia, publicaron en la revista SCIENCE los primeros hallazgos sobre este material. En el año 2005, junto con otros investigadores holandeses y de forma independiente, Philip Kim y sus colaboradores de Columbia University, exploraron algunas de las propiedades electrónicas del grafeno y el año 2007 se publicaron dos excelentes artículos al respecto, en PHYSICAL REVIEW LETTERS y en NATURE MATERIAL, sobre la consecución práctica de fabricación de las membranas de grafeno de un átomo de espesor, con aplicaciones prácticas muy diversas.

PROPIEDADES • Para el profesor Eaves, experto en semiconductores de la Universidad de Nottingham el del grafeno es el más excitante descubrimiento llevado a cabo en la última década en la física del estado sólido. Y para el Dr. Novoselov, colaborador del Dr. Geim, lo más importante es que las consecuencias no se limitarán a la aparición de unos pocos materiales, sino a un nuevo conjunto de miles de ellos diferentes, con amplias gamas de aplicaciones particulares. De hecho, hace pocos años se realizaron un par de tesis doctorales sobre el grafeno mientras que, actualmente, varios centenares están en marcha.

¿Cuáles son sus sugerentes propiedades? Bastantes. He aquí algunas:

Los electrones interaccionan con el panal del grafeno y se pueden mover por las celdas hexagonales, a una velocidad solo cuatrocientas veces inferior a la velocidad de la luz, es decir, muy superior a la usual de los electrones en un conductor ordinario, lo que es suficiente para que exhiban comportamientos relativistas. Además, los electrones mantienen esta velocidad incluso a muy bajas temperaturas comportándose como si no tuviesen masa en reposo. Por ello, para poder estudiar la física de estos electrones es necesario utilizar la ecuación de Dirac para fermiones sin masa.

El paso de los electrones (electricidad) por el grafeno origina un efecto Hall cuántico que es imprescindible para explicar su comportamiento como semiconductor. Pero mientras que otros semiconductores sólo presentan este efecto a temperaturas muy bajas, el grafeno lo mantiene bien incluso a temperatura ambiente, lo que le convierte en un excelente semiconductor y su conductividad eléctrica no decae por debajo de un valor mínimo, incluso cuando no hay electrones libres en el grafeno. Este resultado es completamente contraintuitivo pues en cualquier otro material la conductividad eléctrica desaparece cuando no hay cargas.

El grafeno, actuando como semiconductor estable y bidimensional permite que los electrones se muevan libremente por el camino que más convenga, no ceñidos a un camino recto como en los transistores convencionales basados en las capacidades semiconductoras del silicio, que es empleado para crear pequeñísimos tubos por donde fluye la corriente eléctrica. Además, al contrario que en otros sistemas bidimensionales que tengan pequeñas impurezas, en el grafeno los electrones no se pueden quedar aislados en zonas donde no puedan salir.

En resumen, el grafeno es un semiconductor que puede operar a escala nanométrica y a temperatura ambiente, con propiedades que ningún otro semiconductor ofrece y todo apunta a que se podrán crear nuevos miniaturizados dispositivos electrónicos insospechados con este material, pudiéndonos acercar rápidamente a la prometedora computación cuántica, por lo que, previsiblemente toda la humanidad quedará favorablemente afectada. Aunque la realidad

de sus aplicaciones no se evidenciará hasta que aparezcan los primeros productos comerciales, su importancia es ya enorme en la física fundamental porque gracias al nuevo material los fenómenos relativísticos cuánticos, algunos de ellos no observables en la física de alta energía, pueden ahora reproducirse y probarse en experimentos de laboratorio relativamente sencillos. Así ha sucedido con algunos aspectos de la teoría de la Relatividad de Einstein.

FABRICACIÓN • Cuando escribimos con un lápiz la fricción con el papel arranca haces de láminas, débilmente unidas entre sí, y las deposita en forma de escritura sobre la superficie del papel. Posiblemente, estamos produciendo multitud de capas invisibles de grafeno. En los laboratorios se consiguió así con sorprendente facilidad, frotando una porción microscópica de grafito sobre un chip de silicio, con lo cual quedaban depositadas alrededor de un centenar de láminas superpuestas. El silicio se puede disolver en ácido o bien se puede usar una cinta adhesiva para separar las láminas. En este último caso se pliega la cinta adhesiva para que quede pegada a las dos caras de la lasca de grafito y se abre de nuevo, con lo que se consigue la separación de láminas. Repitiendo la operación varias veces las láminas obtenidas son de menor espesor, hasta conseguir la monocapa de grafeno de un átomo de espesor. Hace unos meses los becarios de la Universidad de Columbia participantes en los proyectos sobre grafeno recibían por la labor anterior por 10\$ la hora. Como es lógico, ya existen varios proyectos industriales en desarrollo para la fabricación industrial de grafeno, siendo el más avanzado el del Georgia Institute of Technology usando láminas de carburo de silicio calentadas a 1.300 °C, de modo que los átomos de silicio se van evaporando de la superficie mientras que los átomos de carbono que no se evaporan, se van reestructurando en forma de láminas de grafeno.

PREMIO MERECIDO

HACE UNOS DÍAS, EN EL AYUNTAMIENTO DE HAMBURGO, el Alcalde Ole von Beust daba la bienvenida a un nutrido grupo de asistentes a la ceremonia de entrega de un importante y esperanzador premio científico, el alemán de la Ciencia de la Fundación Körber del año 2007, dotado con la importante cantidad de 750.000 euros, cercana a la de los propios premios Nobel, que ha sido concedido este año al químico suizo Peter Seeberger quien, desde 2003, es catedrático de Química Orgánica en el prestigioso Instituto Federal suizo de Tecnología de Zurich. Sus hallazgos han conseguido encontrar caminos propios y originales para el desarrollo de vacunas para diferentes enfermedades, entre ellas el mortífero paludismo o malaria.

FUNDACIÓN KÖRBER • Kurt A. Körber (1909-1992) fue un emprendedor y conocido inventor e industrial alemán, con más de 200 patentes realizadas, cuya actividad profesional se inició como aprendiz de electricista en la Allgemeine Maschinenbau-Gesellschaft llegando a ser el propietario del gran grupo corporativo industrial Körber A.G. A lo largo de toda su vida mostró un gran interés por favorecer las Artes y las Ciencias, a través de diversas Fundaciones destinadas a reconstruir varios teatros de ópera, centros formativos, etc., agrupándolas, en 1981, con el nombre de Fundación Körber.

Sus actuaciones en pro de la colectividad le hicieron merecedor de diversas distinciones honoríficas como doctorados universitarios *honoris causa*, nombramiento de ciudadano de honor de importantes ciudades europeas, etc., ganándose el aprecio de sus conciudadanos como lo atestiguan la propia opinión del excanciller alemán Helmut Schmidt: “fue un emprendedor muy importante y de gran éxito. También un filántropo público con un compromiso hacia la comunidad altamente idealista, así como una persona con juicio político independiente y con un fuerte sentido para compartir responsabilidades como ciudadano de su ciudad, de su país y del mundo para apoyar la paz entre los pueblos y las naciones y la armonía entre el hombre y la Naturaleza”.

Entre las principales actividades de la Fundación Körber está la concesión anual del premio Körber, alternativamente en los campos de las ciencias técnicas y de las ciencias de la

vida, concedido a científicos europeos que desarrollen investigaciones específicas y novedosas, siendo otorgado a través de un jurado internacional presidido por el presidente de la sociedad Max Planck.

OLIGOSACÁRIDOS • Peter Seeberger nació en Nuremberg en 1966, estudió química en la Universidad del Erlangen-Nuremberg y, en 1995, se doctoró en bioquímica por la Universidad de Colorado en Boulder, donde fue becario Fulbright. En el año 2003 se trasladó al Instituto Federal Suizo de Tecnología donde realiza una investigación en un ámbito fronterizo entre la biología y la química. Seeberger ha recibido numerosos premios y galardones por su labor química y bioquímica.

El Dr. Seeberger tiene un interés especial por los oligosacáridos o glicanos, que son estructuras compuestas por el ensamblaje polimérico de unas pocas moléculas individuales de azúcares o monosacáridos. Los oligosacáridos forman parte de los glucolípidos y glucoproteínas que se encuentran en la superficie externa de la membrana plasmática y que tienen una papel esencial en las funciones de reconocimiento celular. Además, cada célula está rodeada por una matriz extracelular que también está compuesta, a su vez, por filamentos característicos y cadenas de polisacáridos lineales o ramificados. En resumen, las células usan los glicanos para reconocerse unas a otras y así, por ejemplo, las células del óvulo reconocen a los espermatozoides. Pero las células también usan los glicanos para intercambiar moléculas señalizadoras. Más aún, las bacterias, los virus y los hongos utilizan la matriz extracelular para albergar en el cuerpo células específicas y así poder atacarlas. Un ejemplo de utilización patológica: las bacterias *Helicobacter pylori*, causantes del cáncer gástrico se adhieren a la matriz extracelular de las células en la membrana de la mucosa gástrica y los virus de la gripe se adhieren a los glicanos presentes en las células de los pulmones.

MÁQUINA Y VACUNAS • Lo que ha desarrollado el equipo del Dr. Seeberger es una innovadora máquina capaz de realizar el diseño y la síntesis automatizada de oligosacáridos mediante un sistema de fase sólida, en tan sólo unas pocas horas, en lugar de los largos meses necesitados con los métodos tradicionales de laboratorio. Ello permite realizar una serie de aplicaciones de gran interés biomédico, por lo que actualmente su laboratorio es un centro muy solicitado para trabajar por jóvenes investigadores europeos. Como ejemplo, el

joven catalán Miguel Ángel Rodríguez Gómez ha desarrollado una estancia allí para sintetizar en fase sólida oligosacáridos cardioactivos de diseño con la intención de investigar su aplicabilidad a diversas afecciones cardíacas.

La más llamativa de las cuales es para la obtención de vacunas. Primeramente, los investigadores deben determinar qué glicanos son los que utilizan normalmente los agentes patógenos. Para ello se extraen los glicanos o, si se conocen, se producen de manera artificial con la máquina. Una vez que se disponen de los glicanos naturales, de los sintéticos o de los diseñados *ad hoc* se *ligan* o *envuelven* a una proteína o vehículo inofensivos como pudiera ser un virus inactivo adecuado de la gripe. Esa mezcla es la base de la vacuna y el sistema inmunitario desarrolla anticuerpos a estos glicanos, y ello sirve de protección en el caso de que un agente patógeno natural entre en el organismo.

Recordemos la psicosis que provocó hace pocos años el uso del ántrax como agente de guerra biológica. El grupo de Seeberger identificó un oligosacárido, concretamente tetrasacárido, en la superficie de la spora del ántrax y, poco después, en el 2005, consiguieron sintetizar en su sintetizador un análogo del mismo aún más potente. Lo conjugaron con una proteína inocua para hacerlo inmunogénico y lo están probando como vacuna en animales que, en respuesta, desarrollan una respuesta inmunitaria, lo que abre esperanzas muy fundadas sobre el futuro de este nuevo enfoque. También es aplicable como método de diagnóstico, capaz de obtener una respuesta precisa de posible infección en unos pocos minutos. Actualmente, mediante los llamados *microarrays* o micromatrices, se pueden ensayar biológicamente cientos de pequeñas pilas de oligosacáridos extraídos de fuentes naturales o con el sintetizador de Seeberger.

En el laboratorio de Seeberger aparte de estar dedicados a producir químicamente los oligosacáridos que se van caracterizando en diversos patógenos, ya se encuentran en varias fases de desarrollo algunas vacunas candidatas contra el ántrax maligno, la malaria (con la empresa Ancora Pharmaceuticals), leishmaniasis (con la empresa Pevion), el sida y la tuberculosis, esperándose realizar las primeras pruebas en humanos el año próximo. Pero no todo será sencillo. Por ejemplo, una de las desventajas de las vacunas de carbohidratos radica en la dificultad en conseguir que produzcan una respuesta inmune fuerte lo que se intenta contrarrestar añadiendo una sustancia que fomenta su potencia, un adyuvante. En todo caso, aunque la solución para las terribles enfermedades infecciosas que aún asolan a la humanidad no sea simple, los avances y hallazgos como los hoy comentados servirán sin duda para facilitar el combate contra las mismas.

*Ciencias exactas.
Mininoticias*

MATEMÁTICA • La doctora Boglárka Tóth ha sido la ganadora (noviembre 2007) del premio *UPS-SOLA Dissertation Award* por su tesis doctoral *Interval methods for competitive location problems* que fue realizada en los pasados años en el Dpto. de Estadística e Investigación Operativa de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Murcia. El *UPS-SOLA Dissertation Award* es un concurso que se celebra cada dos años, organizado por SOLA (Section On Locational Analysis de INFORMS), el Institute For Operations Research and the Management Sciences, siendo financiado por UPS (United Parcel Service), para elegir la mejor tesis doctoral defendida en el mundo en los dos últimos años sobre *localización*. El premio fue entregado el, 4 de noviembre de 2007, en el Hotel Sheraton de Seattle (EE.UU.).

FRACTALES Y CRISIS • La teoría matemática de los fractales y multifractales puede ser de gran interés para estudiar y comprender los movimientos bursátiles así como para calcular las probabilidades de grandes cambios futuros e incluso de crisis económicas. Existen varias investigaciones al respecto. Es decir, que la geometría que describe la forma de las costas y los patrones galácticos también puede tener aplicaciones económicas prácticas tal como ha expuesto muy adecuadamente Benoit B. Mandelbrot en la revista *SCIENTIFIC AMERICAN*. La curiosidad es que el artículo no hacía referencia a la actual crisis económica ya que fue publicado nada más y nada menos que en febrero del año 1999.

CONJETURA DE GOLBACH • La espectacularidad de los logros conseguidos con la *serie de Mersenne* de números primos contrasta con el desconocimiento existente sobre otros aspectos de los mismos. Es el caso de la *conjetura de Golbach*. En 1742, Christian Golbach le comentó epistolariamente a Euler que todo número natural mayor o igual que 6 se puede escribir como suma de tres números primos y Euler le contestó que ello equivalía a que todo número natural par mayor o igual que 3 es la suma de dos primos. Este enunciado es conocido como Conjetura de Golbach. No se duda de su veracidad, pero aún no se ha demostrado con carácter general.

PRIMOS GEMELOS • La de los *primos gemelos* es otra conjetura matemática interesante sin demostrar definitivamente. Dos números primos a y b se dicen gemelos si $a = b + 2$.

Como ningún número primo es par (sería divisible por dos), dos primos gemelos están todo lo cerca que dos primos pueden llegar a estar. Algunos ejemplos: (17, 19), (29, 31) y (1.000.000.000.061, 1.000.000.000.063). La Conjetura de los primos gemelos afirma que hay infinitas parejas de primos gemelos. Lo que está demostrado es que existen una cantidad infinita de números primos,

PROYECTO GIMPS • En el *proyecto GIMPS* de localización de grandes números primos de la serie de Mersenne, a finales de septiembre del 2008 ya se habían comprobado todos los exponentes inferiores a 21 millones. La red virtual de ordenadores realiza el equivalente a 30 billones de operaciones por segundo. En septiembre de 2008, el alemán Hans-Michael Elvenich localizó el número primo 46 descubierto de la serie de Mersenne, algo más pequeño que el que ostenta el récord de tamaño, el 45 de la serie, el 2 (elevado a 43112609 -1, descubierto en agosto del 2008.

NÚMERO ÁUREO • El símbolo pitagórico era el pentagrama, una estrella de cinco puntas formada al ir uniendo los vértices alternados de un pentágono regular dejando uno en medio. Si dividimos la longitud de la diagonal entre la longitud del lado se obtiene siempre un número, conocido como la razón áurea, la divina proporción o el número de oro de Teano, la gran matemática del s. VI a.C., y que es representado con la letra griega (ϕ), posiblemente como homenaje al escultor Fidias que lo utilizó para la proporción de sus estatuas.

DISCRIMINACIÓN • María Agnesi (1718-1799), la gran matemática italiana, nunca pudo entrar a la Academia Francesa por ser mujer, aunque sí en las más liberales Academias Italianas como la Academia de las Ciencias de Bologna. También fue reconocida por el Papa Benedicto XIV quien influyó para que se le concediera la cátedra de matemáticas de Bolonia, pero no la aceptó.

INFORTUNIO • Ejemplo de machismo social: Cuando se erigió la torre Eiffel (para la Expo de 1889) y se inscribieron en ella los nombres de 72 sabios franceses, el de la gran

matemática francesa Sophie Germain no figuró entre ellos. Con motivo del desarrollo por Germain de su ley matemática de vibraciones de superficies elásticas, Gauss pidió a la Universidad de Göttingen, donde él trabajaba, que le concedieran el grado de doctora; pero el 26 de junio de 1831 murió Germain, de cáncer de mama a los 55 años antes de poder recibir el grado.

ARTE Y MOEBIUS • Para el gran público, M.C. Escher (1898-1972) es uno de los más grandes y admirados artistas gráficos del siglo XX. En 1960 un matemático inglés le sugirió que dibujase una cinta de Moebius. Su CINTA DE MOEBIO II (1963) se convirtió en una de sus obras más conocidas. Otro ejemplo diferente es el del gran escultor suizo Max Bill (1908-1994), uno de los exponentes de los principios vanguardistas de la Bauhaus. Desconocedor de Moebius, en 1935 creó un objeto de una sola cara al que llamó CINTA SIN FIN, pensando que era inventor de una nueva forma. Cuando conoció la realidad sintió tal frustración que abandonó durante años toda labor en este sentido. Una versión en piedra de esta obra (UNENDLICHE SCHLEIFE) se puede ver en el Centro Pompidou de París. Otra obra interesante del mismo artista es el COLOSO DE FRANCFURT.

ESCULTURA Y MOEBIUS • Numerosos escultores se han inspirado en la cinta de Moebius para crear bellas obras. En los jardines del gran centro europeo de investigación Fermilab el afamado Robert R. Wilson cuenta con varias obras (<http://www.fnal.gov/projects/history/sculpture.html>) entre ellas una muy personal, triangular de la cinta de Moebius (año 2000). La misma inspiración le sirvió para otra escultura diferente de bronce que está situada en el Science Center de la Harvard University in Cambridge, Mass. Desde 1980, varios ejemplos de las *esculturas simbólicas* del artista inglés John Robinson embellecen diversos museos e instituciones mundiales, entre ellas sus conocidas versiones de ETERNIDAD. También merecen citarse la gran escultura INFINITO de José de Rivera, en la entrada del National Museum of American History; en Washington, la denominada CONTINUUM, del escultor Charles O. Perry, en la entrada del National Air and Space Museum. Otras versiones escultóricas de Perry se encuentran distribuidas por cerca de 40 ciudades por todo el mundo. Más escultores inspirados en Moebius: Brent Collins, Helaman Ferguson, Cliff Long, Keizo Ushido, Tom Longtin.

ARQUITECTURA Y MOEBIUS • La misma inspiración de la cinta de Moebius se encuentra en proyectos y realizaciones arquitectónicas como el edificio MAX REINHARDT HAUS, de Peter Eisenman, o la MÖBIUS HOUSE HET GOOI, de Ben Van Berkel. Otros profesionales que se han confesado inspirados en la forma de Moebius incluyen a arquitectos como Zaha Hadid, Stephen Perrella y Gonzalo Valez Jahn, el ingeniero Helmut Cerovsek, o el ingeniero informático y artista Carlo Sequin.

MÓVILES • Bastantes estudios concluyen que las radiaciones procedentes de los teléfonos móviles no ocasionan cánceres. Pero según un artículo publicado en la revista NEUROIMAGE (octubre 2008) existen *personas electrosensibles* que dicen que los campos electromagnéticos producidos por los teléfonos móviles son capaces de ocasionarles dolor real. Investigado en profundidad el proceso usando diversas aproximaciones, fuentes térmicas, teléfonos falsos, etc., la conclusión final es la de que aunque el dolor de las personas electrosensibles sea real, no es producido por los móviles, sino que su origen es meramente psicológico.

ALICE • Alice será el nombre de un ambicioso y nuevo acelerador de partículas del Reino Unido situado en el campus de Ciencia e Innovación de Daresbury. Tras más de 4 años de planificación y construcción aún no finalizada ya se han hecho pruebas con la producción de su primer rayo de alta energía, de 4,5 millones de electrón-voltios de energía. Para ello se utilizó un disparador de haces de electrones de una diezmilésima de millonésima de segundo de duración, a una velocidad de 81 millones de disparos por segundo y una temperatura de -271°C . Las posibles aplicaciones se extienden a un amplio rango de posibilidades tecnológicas y biomédicas, incluyendo el tratamiento de tumores.

TEMPERATURA • Para que un *dispositivo espintrónico* puede ser utilizado, el semiconductor debe ser magnetizado y permanecer estable a temperatura ambiente. Hasta el momento, la mayoría de las pruebas sólo han conseguido generar propiedades espintrónicas a baja temperatura, generalmente alrededor de los -200°C . Pero hallazgos recientes son muy prometedores ya que los investigadores parecen haberlo conseguido incorporando

un elemento magnético a un semiconductor clásico, como el silicio. Para ello ha sido determinante el uso del material *cobalto verde*, un pigmento que fue usado por los artistas del siglo XVIII con el nombre de *verde Rinmann*.

BAMR • Cuando los electrones fluyen a través de hilos metálicos a nanoescala su espín es afectado por el estado magnético de los átomos del hilo a través del cual se desplazan. El fenómeno se conoce como *magnetorresistencia anisótropa de balística* (BAMR), fenómeno parecido al utilizado por los cabezales de lectura de magnetorresistencia gigante (GMR) de los modernos discos duros.

TELETRANSPORTE • En el año 1998 se consiguió realizar la primera experiencia efectiva de teletransporte, el teletransporte de las propiedades cuánticas de un rayo luminoso (http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/6_2_4.html). En marzo 2007, según presentó el físico Anton Zeilinger en el Congreso de la American Physical Society, se teletransportaron *fotones enredados* a una distancia de 144 km, entre los observatorios de La Palma y Tenerife, en Canarias. En el futuro ello serviría para enviar de un modo totalmente seguro información que no podría ser interceptada ni descrita. Para la ciencia ficción queda la posibilidad del teletransporte instantáneo a grandes distancias de grandes objetos.

TELETRANSPORTE • Los investigadores piensan que, en menos de una década, los avances en el *teletransporte* o comunicación instantánea serán tales que permitirán usar la Estación Espacial Internacional para la transmisión intercontinental de mensajes totalmente secretos. Cuando dos partículas, como fotones, se producen por un mismo evento, permanecen *relacionados*, *enredados* o *entrelazados*, de modo que pueden comunicarse instantáneamente aunque estén muy separados físicamente. Actualmente ya es posible que los fotones viajen a distancias de unos 180 km por fibra óptica sin que desaparezca esa propiedad cuántica.

FOSFORESCENCIA • Una creencia errónea. Por sí mismo el fósforo no es fosfores-

cente. El fósforo rojo, en ningún caso, y el blanco sólo presenta el fenómeno cuando es oxidado químicamente con oxígeno. La fosforescencia es el fenómeno en el cual ciertas sustancias tienen la propiedad de absorber energía y almacenarla, para emitirla posteriormente en forma de luz.

ANÁLISIS • Significa un gran avance esperanzador el desarrollado por un doctorando de la Norwegian University of Science and Technology, con un sistema analítico al que le basta con un centímetro de cabello para analizar las cantidades de hasta 30 metales como hierro, zinc, mercurio, etc., deduciendo su concentración sanguínea a lo largo del tiempo teniendo en cuenta que el cabello crece en la cabeza a una velocidad media de un centímetro por mes. Permitirá realizar estudios precisos entre ambiente y enfermedad y entre metales y enfermedades neurológicas degenerativas.

VIDRIO Y HUESOS • Científicos británicos del Imperial College de Londres, han desarrollado un nuevo tipo de vidrio que puede disolverse y liberar calcio en el cuerpo, actuando como una plantilla activa para el nuevo crecimiento de hueso, disolviéndose en el cuerpo sin dejar cualquier rastro de sí o de cualquier sustancia química tóxica. Al disolverse libera calcio y otros elementos como silicio en los fluidos corporales adyacentes, estimulando el crecimiento de hueso. El nuevo procedimiento hace concebir grandes esperanzas sobre su uso terapéutico y para el futuro de los trasplantes óseos.

LAS TECNOLOGÍAS





ENERGÍA AL CAMINAR

¿PODRÍA DISEÑARSE ALGÚN DISPOSITIVO acoplable a las piernas de un caminante o paseante que transformase el movimiento de las extremidades en energía acumulable capaz de hacer funcionar dispositivos electrónicos tales un teléfono móvil, un GPS portátil, una pequeña radio, una articulación de prótesis motorizada o un neurotransmisor implantado?

Si ello fuera factible tendría una trascendencia y posibilidades de aplicación tremendas pues sus usos podrían ser múltiples. Recientemente la revista SCIENCE se hacía eco de la consecución de un dispositivo de este tipo por científicos de la Universidad de Michigan trabajando en equipo con otros investigadores canadienses y americanos, en un artículo titulado BIOMECHANICAL ENERGY HARVESTING: GENERATING ELECTRICITY DURING WALKING WITH MINIMAL USER EFFORT (Recolección de energía biomecánica: la generación de electricidad al caminar con esfuerzo mínimo del usuario).

USOS • Según uno de sus inventores, Max Donelan, “las primeras personas que lo usen serán aquellas que dependan de energía portátil para vivir”. Por ejemplo, en el campo de la medicina, la energía portátil ha de ser utilizada por las personas con marcapasos implantados o aquéllos que tienen amputados miembros del cuerpo y que necesitan llevar prótesis, por lo que queda abierta la idea, por ejemplo, del diseño de nuevas rodillas ortopédicas acoplados a sistemas energéticos cuya fuente de energía fuese de ese tipo, humana.

Equipos parecidos podrían ser utilizados por las personas que han sufrido un ataque, por ejemplo, o que se han lesionado la espina dorsal y que utilizan un exoesqueleto o esqueleto externo, una especie de mecanismo metálico que los ayuda a moverse. Los soldados también podrían beneficiarse de este dispositivo en la rodilla para crear energía y hacer funcionar los múltiples dispositivos que actualmente utilizan como, por ejemplo, los anteojos de visión nocturna y los GPS, sin necesidad de depender del suministro externo de baterías. También de gran utilidad podría ser para deportistas como los escaladores de montañas. Y no podemos olvidar que buena parte de la población mundial aún vive en zonas donde el suministro regular de energía eléctrica es inexistente.

PRECEDENTES • Recurrir a estas fuentes de energía no es una idea nueva. De hecho se trata de usar los mismos principios que se utilizan o utilizaban en dispositivos diarios tales como radios o relojes de cuerda, es decir, convertir la energía mecánica, almacenarla y utilizarla.

El ministerio de Defensa de Estados Unidos cuenta con la potentísima agencia DARPA que canaliza buena parte del gran esfuerzo investigador americano. Esa agencia hace tiempo que apoya un proyecto destinado a desarrollar energía a través de pisadas, energía que es creada por unos generadores implantados en las botas de los soldados y que funcionan con el movimiento del caminar. Y, en el año 2005, unos científicos estadounidenses desarrollaron una mochila creadora de energía capaz de convertir energía eléctrica a través del movimiento.

Pero el problema de los dispositivos que se llevan en los zapatos o botas es que generan relativamente poca energía y que las personas que llevan la mochila tienen que soportar el peso de la bolsa, por lo que se requiere una carga bastante pesada, alrededor de 38 kilos, para conseguir una cantidad apreciable de energía, ya que un soldado que llevase esa mochila generadora de energía de energía y que caminase relativamente rápido, solo podía generar alrededor de 7,4 vatios de energía, que es la misma cantidad que la producida por el nuevo dispositivo desarrollado acoplado a las rodillas.

FUNCIONAMIENTO • El mecanismo opera en gran medida de modo parecido a las cargas regenerativas del freno en la batería de algunos automóviles híbridos, recogiendo la energía cinética que, de otra manera, se disiparía como calor cuando disminuye la velocidad de un vehículo.

En el dispositivo comentado, una abrazadera en la rodilla recoge la energía que se pierde cuando la persona frena la rodilla después de mover la pierna hacia adelante para dar un paso ya que aunque existe energía que puede recogerse de varias partes del cuerpo y puede usarse para la generación de electricidad, la rodilla es, probablemente, el mejor sitio y la articulación de la rodilla tiene aptitudes únicas para ello.

Según el Dr. Kuo, otro de los diseñadores del invento, “cuando uno camina disipa energía en varias partes, por ejemplo cuando el pie toca el suelo. Uno tiene que compensar esto con el trabajo de los músculos”. “El cuerpo es inteligente”, continúa Kuo. “En muchas partes donde el cuerpo podría disipar la energía, quizá de hecho, la almacena y la recupera de manera elástica. Los tendones actúan como resortes. En muchas partes no estamos realmente seguros si la

energía verdaderamente se disipa o si uno la almacena temporalmente. En condiciones normales, cuando uno va frenando la rodilla al término del movimiento de la pierna, la mayor parte de esa energía simplemente se desperdicia”.

Los científicos probaron la abrazadera para la rodilla en seis hombres que caminaron a ritmo tranquilo en una cinta mecánica a razón de 3,6 kilómetros por hora. Los investigadores midieron la respiración de los sujetos para determinar la intensidad de su esfuerzo. Un grupo de control usó la abrazadera con el generador desconectado para medir en qué forma el peso de la abrazadera, de 1,6 kilogramos (3,5 libras) afectaba al usuario.

En la modalidad en la cual la abrazadera sólo se activa cuando la rodilla frena, los sujetos requirieron menos de un vatio de energía metabólica adicional por cada vatio de electricidad que generaron mientras que un generador típico de palanca manual, por comparación, requiere un promedio de 6,4 vatios para generar un vatio de electricidad. En todo caso esta rodillera preliminar fue capaz de generar suficiente energía para que funcione un teléfono móvil más de 30 minutos con tan sólo un minuto de caminata.

Según el Dr. Kuo lo que se ha demostrado es la existencia de la posibilidad del uso de la energía mecánica al andar. Y espera que, antes de 18 meses, los científicos y empresarios que se han unido para sacar adelante el correspondiente proyecto industrial sean capaces de haber pasado desde el prototipo de dispositivo desarrollado hasta una forma comercial, liviana y práctica que podría tener multitud de aplicaciones.

LA INNOVACIÓN EUROPEA

LA ORGANIZACIÓN EUROPEA DE PATENTES (EPO, de sus siglas en inglés) es una organización intergubernamental creada el 7 de octubre de 1977 sobre la base de la Convención Europea sobre Patentes, firmada en Munich en 1973.

PREMIOS • La Organización Europea de Patentes tiene su sede en Munich, y cuenta con delegaciones en La Haya, Berlín y Viena, siendo sus dos órganos principales: el Consejo de Administración, al que pertenece un representante de cada país miembro, y cuyas funciones son de modificación del Convenio sobre la Patente Europea, definir el reglamento financiero, el régimen de personal, etc.; y la propia Oficina Europea de Patentes, que se encarga del examen y tramitación de las patentes y resuelve los recursos interpuestos contra sus actuaciones.

La Oficina Europea de Patentes registró el año 2008 unas 200.000 solicitudes contando con 34 estados miembros así como con otros varios países más que aceptan sus normativas, por lo que una patente concedida por la EPO es considerada también válida en esos países. Su campo de acción no es sólo el tecnológico o industrial. Para entenderlo basta saber que, por ejemplo, una de sus decisiones más esperadas tratará sobre la patentabilidad de las células troncales o madres embrionarias.

Por otra parte, uno de los principales objetivos de la Dirección General de Empresas e Industria de la Comisión Europea es el de la Innovación. Por ello, desde 2006, conjuntamente con la EPO, auspicia anualmente una competición europea de inventores, que cubre cuatro categorías: Premio a la trayectoria de una vida; Industria; Salud e Investigación; y países no europeos. Los candidatos pueden ser propuestos por cualquier Institución o persona y tras una cuidadosa preselección pasan a ser considerados por un jurado internacional de gran prestigio que cuenta con emprendedores, científicos, investigadores, inversores, periodistas, etc., que hace una última selección de tres candidatos para cada premio antes de la concesión definitiva. La ceremonia de gala de concesión a los galardonados en la convocatoria del año 2008 se celebró el 28 de abril del año 2009 en el Palacio de Praga de la República Checa.

GANADOR • Hasta una época reciente los médicos contaban con muy pocas opciones para el tratamiento de las enfermedades víricas, por lo que se solían combatir los síntomas en lugar de los agentes infecciosos. Por otra parte, cada vez es más evidente el papel desencadenador de bastantes malignizaciones por parte de ciertos virus. La dificultad del problema era doble: la gran capacidad de mutación que tienen los virus y la dificultad de encontrar una diana adecuada contra ellos. Hoy la situación ha cambiado drásticamente, en buena parte gracias a los casi 40 años de investigaciones virológicas del profesor Erik De Clercq de la Universidad de Leuven, en Bélgica.

Por ello, mercedamente, el título de inventor del año 2008, como premio a toda una trayectoria ha sido concedido a este profesor belga, por sus importantísimas contribuciones al desarrollo de nuevos tratamientos antivirales, incluyendo el tratamiento de diferentes formas del herpes, hepatitis B y VIH, así como el desarrollo de las mezclas combinadas de hasta cuatro fármacos que han permitido detener o retrasar el desarrollo del SIDA en millones de pacientes infectados con el VIH, permitiéndoles vivir con calidades de vida impensables tan solo hace unos años. Desde que inició la carrera de Medicina, en 1966, su vocación investigadora fue intensa y desde 1972 transcurre gran parte de su vida en su laboratorio de Virología de la Universidad de Leuven, habiendo publicado más de 2.100 trabajos sobre sus hallazgos de quimioterapia viral en revistas científicas e impartido más de 530 conferencias en congresos Internacionales. Actualmente investiga sobre el *virus de la gripe aviar*, el H5N1.

En el mundo científico De Clercq es bien conocido por su desarrollo de la estrategia conocida como *análogos de nucleótidos* que fructificó con el uso de la primera serie de drogas antivíricas de amplio espectro. Como indica su nombre se basa en usar sustancias parecidas a los propios nucleótidos constitutivos del material genético del virus, de su ADN, para interrumpir la reproducción vírica y bloquear su maquinaria invasora.

GANADORES • En el apartado de Industria el galardón ha sido para un pequeño grupo de ingenieros y técnicos de la marca automovilista AUDI, capitaneados por Norbert Enning (Ulrich Klages, Heinrich Timm, Gundolf Kreis, Alois Feldschmid, Christian Dornberg y Karl Reiter) por conseguir la construcción de automóviles con chasis y estructuras más ligeros, pero a la vez más resistentes y seguros y consumiendo menos combustible, sustituyendo al paradigma de los materiales de automoción, el acero, por el ligero aluminio, logrando simultáneamente el *milagro* de la mejora del producto resultante.

La búsqueda de automóviles menos consumidores se realiza a través de alternativas muy diferentes: nuevos combustibles (hidrógeno, agua, biocombustibles), cambios en los sistemas de transmisión (nuevos tipos de motores) y menor peso de sus estructuras. Es evidente que la mera sustitución del acero por aluminio no era la solución, dadas las respectivas propiedades mecánicas de ambos materiales. En 1993 comenzaron las primeras patentes de Audi que permitían usar el aluminio en las producciones en cadena. En 1994 ya dispusieron de un modelo de Audi A8 con una estructura básica de aluminio. El complejo sistema denominado ASF (Audi Space Frame) fue incorporando mejoras sucesivas dando lugar a automóviles cada vez con menores consumos, más manejables, más fáciles de reparar y con mejor protección frente a las colisiones, así como con una resistencia anticorrosión casi infinita. Cada componente aluminico del intrincado sistema final suele tener varias misiones, consiguiéndose una reducción cercana al 20% de piezas totales. En la actualidad bastantes fabricantes de automóviles están siguiendo los pasos de Audi.

En la categoría de Salud e Investigación el galardón europeo de año 2008 se ha concedido a Douglas Anderson, Robert Henderson y Roger Lucas de la empresa escocesa SME Optos, por el desarrollo de una nueva tecnología de escáner láser para el ojo, que permite el examen minucioso y preciso de la retina sin ninguna molestia ni necesidad de dilatación de la misma.

Y en cuanto al apartado de inventores no europeos el ganador ha sido el americano Philip S. Green por inventar y desarrollar un excelente sistema robótico quirúrgico, el Sistema Green de Telepresencia, que permite a los cirujanos realizar complejas maniobras quirúrgicas con una extraordinaria precisión.

¡Enhorabuena a todos ellos por proporcionarnos tan magníficos frutos de sus esfuerzos!

LOS MEJORES INVENTOS

AL ACERCARSE EL FINAL DE CADA AÑO los medios de comunicación recapitulan sobre lo sucedido en el mismo por lo que no es de extrañar que, en un mundo científico y tecnificado como el que vivimos, revistas tan importantes como TIME publiquen reportajes especiales sobre las invenciones o descubrimientos que consideran de mayor interés. En la relación que acaba de hacer esta revista para el año 2007 aparecen más de medio centenar de ellos que cubren aspectos tales como automoción, vehículos aéreos, espacio, robots, entretenimiento, ley y orden, vivir, ambiente, arquitectura, moda, ordenadores y salud, aparte del que se ha considerado dispositivo del año, honor que le ha correspondido al iPhone de Apple. Comentaremos sólo algunos de los más destacados.

IPHONE • Aunque Apple no ha inventado la pantalla táctil prácticamente la reinventó tras su adquisición, en el año 2005, de la empresa Fingerworks. El iPhone es más que un teléfono móvil, es una especie de pantalla iPod con controles táctiles, y con un revolucionario dispositivo de comunicación por Internet y email a la altura de un ordenador, navegación Web, búsquedas y mapas; todo ello integrado en un pequeño y ligero dispositivo de mano.

El iPhone estrena también un pionero e innovador software que redefine completamente lo que los usuarios pueden hacer con sus teléfonos móviles controlados con sólo sus dedos. El éxito de ventas ha sido espectacular en los Estados Unidos y se espera que suceda lo mismo en Europa. Su principal desventaja, la de estar ligado a una operadora, se puede neutralizar según reclaman en algunos portales de Internet. Entre los aspectos positivos se encuentran: la pantalla multitáctil de cristal, no de plástico, muy resistente a arañazos, y más grande y brillante; la gran duración de la batería; la magnífica sincronización con PC o Mac; que se puede navegar en Internet por varias ventanas a la vez y se incluye una casilla de búsqueda en Google y Yahoo; vista previa de nuestros email sin necesidad de abrirlos; visión directa de las fotos adjuntas; apertura de documentos Word, Excel y PDF adjuntos a los email; visualización de YouTube, etc. Algunos de sus inconvenientes, posiblemente solucionables en breve plazo, podrían ser: no contar con un programa de mensajería instan-

tánea; carecer de marcación por voz; el navegador no soporta Flash, Java, Windows Media, ni Real Media; la cámara de fotos no graba vídeo; no se pueden enviar mensajes MMS con foto, solamente se pueden enviar las fotos por email; no tiene funciones de cortar y pegar texto; no se pueden usar canciones como tonos de llamada y no se pueden instalar programas de terceros.

VEHÍCULOS • Entre las ideas, prototipos o realidades escogidas por la revista TIME se pueden destacar las siguientes:

El pequeño coche de tres asientos desarrollado por la empresa Venturi Eclectic, disponible el próximo año, cuyas fuentes energéticas son el viento y el sol. En el techo se albergan las baterías solares y una turbina de viento proporciona una energía extra que se completa, cuando sea necesario, con unas baterías eléctricas recargables desde la red doméstica (www.venturi.fr/).

La idea del mínimo vehículo compacto de dos asientos denominado Cyti Car, desarrollada por el Instituto Tecnológico de Massachussets, que estará disponible en el año 2011. Eléctrico, con sólo 1,5 metros de longitud y velocidad máxima de 90 km/h, se apila de modo semejante a como lo hacen los carritos maleteros de un Aeropuerto lo que permitiría disponer de una red pública de los mismos en las ciudades facilitando los pequeños desplazamientos urbanos, sin sustituir a los transportes públicos (cities.media.mit.edu).

El avión Boeing 787 Dreamliner, que estará operativo dentro de un año, un gran éxito comercial pues toda la fabricación está vendida hasta el año 2014 (710 unidades), debido a sus 250 asientos, mejor habitabilidad y espacio para las piernas, ventanas más amplias, mejor presurización y control de humedad. Todo ello con un 20% de menor consumo que sus competidores (boeing.com/commercial/787family).

Un prototipo de cohete espacial que usará metano como fuente energética, con la pretensión de que en el futuro sea factible utilizar para su reabastecimiento el abundante metano presente en muchos planetas y cuerpos celestiales (nasa.gov).

El Hortibot que es un prototipo de vehículo-robot agrícola desarrollado por Ramus Jorgensen y científicos del Instituto de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Aarhus. La cámara de la que va dispuesto le guía e identifica incluso las hierbas, según su forma y orientación, consiguiendo el desyerbado agrícola bien mediante fumigación o por arranque mecánico (hortibot.com).

VIVIR • Nuevos dispositivos, escogidos por la revista TIME, pueden facilitarnos la vida tanto a las personas sanas como a las que tienen alguna incapacidad:

Han sido investigadores de la universidad madrileña Carlos III los que han desarrollado unas gafas destinadas a personas con defectos auditivos. En su lente derecha cuentan con una minipantalla en la que se pueden leer los subtítulos que le son transmitidos sin cables, por ejemplo, durante la proyección de un filme (cesya.es/en).

Los guantes RCP (CPR en inglés) pueden ser muy útiles en las maniobras de *Resucitación Cardiopulmonar* en las que la presión ejercida por las manos debe ser la precisa, ni mayor, ni menor, sobre todo en los casos de que los pacientes sean niños, a fin de impedir fracturas de costillas a la vez que se consigue la finalidad deseada. Los guantes, que se probarán el próximo año, contarán con una serie de sensores que recomendarán en cada momento sobre la cuantificación del esfuerzo (cprglove.com).

En la próxima primavera se espera la comercialización de la prótesis PowerFoot de pie-tobillo que será la primera que, a través de microprocesadores y sensores externos gobernará, unos muelles alimentados por baterías, con un sistema recapturador de energía, con lo que se facilitarán a los amputados procesos complejos como los de subir y bajar escaleras. Ha sido desarrollado por el profesor Hugh Herr, del Instituto Tecnológico de Massachussets, quien él mismo es un doble amputado (iwalkpro.com/products).

Investigadores daneses han dado un paso de gigante para facilitar las transfusiones sanguíneas. Los donantes del grupo 0 son universales y lo que han logrado los investigadores ha sido aislar dos enzimas que permiten transformar las porciones de hidratos de carbono de las moléculas propias de las glicoproteínas que caracterizan a los diversos grupo sanguíneos convirtiéndolas en las del grupo 0. El intento de desarrollo comercial ya se ha iniciado (zymequest.com).

Los avances de la Biología y Genética moleculares hacen previsible la próxima disponibilidad de multitud de pruebas multigenéticas. Una de ellas, desarrollada por Agendia, ha sido considerada por Time con méritos destacables y es la primera aprobada por la FDA americana. Mide la actividad de genes funcionantes y se pide online. Se trata del test genético molecular MammaPrint, basado en la observación de la expresión de 70 genes que regulan el ciclo celular, la invasión, la metástasis y la angiogénesis. El perfil de expresión genética sirve como indicador de recidiva del cáncer de mama (agendia.com).





WITRICIDAD: LA ELECTRICIDAD SIN CABLES

EL TÉRMINO DE WITRICIDAD ES LA CONJUNCIÓN DE WIFI (Wireless fidelity, fidelidad sin cable) y electricidad. Nikola Tesla, en el siglo XIX, intentó la transmisión de energía eléctrica a distancia, sin conductores eléctricos, pero sus experimentos no pudieron continuar por falta de financiación. Sobre su genialidad ya nos referimos en otro lugar (consultar http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/3_2_48.html).

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, Massachusetts Institute of Technology), en Cambridge, Massachusetts, es considerado como la mejor universidad de ciencia e ingeniería del mundo. En el año 2008 un comunicado del MIT, procedente del Department of Electrical Engineering and Computer Science y del Institute for Soldier Nanotechnologies Franklin Hadley confirmaba, haber logrado el sueño de Tesla mediante el encendido a distancia de 2 metros, sin cables, de una bombilla de 60 vatios. La revista SCIENCE publicaba el trabajo *on-line*.

INDUCCIÓN • ¿Es posible comenzar a imaginar un mundo sin cables, donde los aparatos electrónicos del hogar como portátiles, teléfonos móviles o MP3 sean capaces de funcionar sin necesidad de conectarlos a un enchufe ni depender de baterías? La anécdota contada por el director del equipo de investigadores, el profesor Marin Soljatic es significativa. Visitando la casa de sus abuelos, su hijo de tres años, vio un teléfono clásico sobre una mesa y preguntó extrañado: “papá, ¿por qué está enganchado con un cable a la pared el teléfono?”. El mismo Soljatic también dice que la idea comenzó a rondarle la cabeza una noche, varios años atrás, cuando escuchó los avisos de agotamiento de batería de su teléfono móvil, cosa que le ocurría por sexta vez en ese mes, comenzando a soñar en un modelo autocontrolado con la recepción inalámbrica de la electricidad.

¿Qué fenómenos físicos podrían usarse? Desde hace siglos conocemos sistemas que transportan energía sin cables. El más conocido es el de las radiaciones electromagnéticas, tales como las ondas de radio. Sin duda, son sistemas excelentes de transmisión de información,

pero no de energía, por varias razones: la radiación se extiende en todas direcciones, lo que significaría un mínimo aprovechamiento cuantitativo; el uso del láser tiene grandes dificultades prácticas e importantes peligros asociados, y requiere una línea de visión ininterrumpida entre la fuente y el receptor (y un rayo por cada receptor posible). Además, la potencia sería suficientemente grande para que fuera peligroso, y necesitaría que la fuente fuera capaz de seguir cualquier movimiento del receptor.

La solución consistía en adaptar dos de los más conocidos principios físicos: el de la inducción magnética descubierto por Michael Faraday, hacia 1830, y el de la resonancia. Respecto al primero, recordaremos el diálogo entre el insigne economista y entonces Ministro de Hacienda del Reino Unido, Gladstone y el gran físico. Faraday, cuando estaba trabajando en el descubrimiento de la inducción magnética base de los motores eléctricos, fue preguntando por Gladstone: “¿Para qué sirve todo ésto?”. La contestación fue: “No lo sé, pero estoy seguro que sus sucesores cobrarán impuestos por el fruto de mi trabajo”. Y es que la investigación básica siempre que sea buena es fundamental.

El principio de la inducción electromagnética de Michael Faraday, nos dice que si tenemos un campo electromagnético variable sobre un conductor (metales) en un circuito en corto, se producirá un voltaje denominado fuerza electromotriz inducida. Hasta ahora, la limitación irresoluble era que para generar voltajes significativos era necesario que tanto la fuente de electromagnetismo como el conductor que va a soportar el voltaje estuviesen a pocos milímetros de distancia. A mayor distancia no se genera un voltaje o corrientes considerables.

RESONANCIA • ¿Cómo solucionarlo? Con la resonancia acoplada magnéticamente. En la resonancia, se producen vibraciones que cada segundo aumentan una señal o fuerza hasta llevarla a un pico. Dos objetos resonantes con la misma frecuencia de resonancia tienden a intercambiar energía con eficacia, aunque estén interaccionando con otros objetos externos no resonantes. Ello permite que un niño columpiándose, con el compasado esfuerzo de sus piernas respecto al columpio produzca unos resultados excelentes: ejemplo de resonancia mecánica. Otro ejemplo (resonancia acústica): imaginemos una serie de copas conteniendo un líquido, cada una a un nivel diferente, con diferentes frecuencias de resonancia. Si un cantante emite una simple nota sonora suficientemente intensa una de las copas, de adecuada frecuencia, explotaría sin que las restantes se afectasen. Con una pareja de resonadores de una naturaleza (mecánica, acústica, magnética, etc.) si se consigue que formen un

sistema operativo altamente acoplado, la consecuencia es que la transferencia de energía de uno de los sistemas al otro es muy eficiente.

El equipo investigador del MIT ha encontrado la solución de resonancia magnética usando como pareja resonante dos bobinas de cobre, capaces de resonar a la misma baja frecuencia de 10 hertzios y de producir el acoplamiento entre ambas aún a distancias de unos dos metros. Con la energía que se le suministra, una de las bobinas (la fuente) crea un campo magnético no radiativo a su alrededor y en la otra bobina, de la misma frecuencia de resonancia, se induce una corriente eléctrica debida al campo magnético oscilante creado por la primera. Si se tratase de *inducción normal*, no tendría suficiente potencia para hacer funcionar nada a una distancia de dos metros, pero la resonancia hace que la segunda corriente sea suficientemente grande como para encender la bombilla.

Al operar lo único que hay alrededor de la bobina fuente es un campo magnético, sin ser afectada la señal ni por muros ni por otros electrodomésticos (que también producen electromagnetismo). La señal puede ser tapada (por ejemplo, se puede pasar por delante) sin que suceda nada ya que los campos magnéticos interaccionan muy débilmente, si lo hacen, con los materiales más comunes, incluyendo los biológicos que, además, son incapaces de resonar y de actuar como receptores. Y como el campo magnético está restringido a un área pequeña alrededor de la fuente emisora, y lo único que puede absorber esa energía eficazmente es un circuito resonante, se pierde muy poca energía.

PERSPECTIVAS • Aún parece lejano el día en que dejemos de usar los cables de alta tensión de las calles y tengamos receptores de electricidad inalámbricos en casa. Una bobina emisora relativamente pequeña tendría un alcance de unos pocos metros y podría ser suficiente para que fuera práctica dentro de la casa. Podríamos tener, por ejemplo, una fuente en el salón con un alcance de tres o cuatro metros y que el portátil, la televisión, teléfonos móviles, mp3, etc. tuvieran bobinas resonantes que los hicieran funcionar eliminando la necesidad de conexiones y de baterías, caras y contaminantes.

Entre las actuales limitaciones están que las distancias de transmisión han de ser cortas, sobre todo si las unidades receptoras son de pequeño tamaño y que según los resultados obtenidos el sistema tiene una pérdida de transferencia de energía cercana al 50%. Pero en palabras del profesor Soljacic “estos resultados son magníficos y no están para nada alejados de lo que normalmente consideramos útil”.

*Las tecnologías.
Mininoticias*

EUROFOT • Es un proyecto europeo para coordinar e identificar y probar todos los nuevos sistemas futuros de vehículos inteligentes. En total se pretenden probar 8 funcionalidades sobre 1.500 vehículos de 11 fabricantes europeos, incluyendo sistemas preventivos de colisiones frontales, limitadores de velocidad, controles automáticos adaptables de velocidad, eliminación de zonas ciegas, adaptación de la velocidad en las curvas, etc.

EÓLICA • La revista NATURE se hacía eco (agosto 2007) del esfuerzo hecho en la última década en España para potenciar la energía eólica, convirtiéndonos en el segundo país, tras Alemania, en potencia eólica instalada. Lo más destacable es el caso de Navarra que, era capaz de producir un 60% de la energía a partir de fuentes energéticas renovables, principalmente el viento.

INVISIBILIDAD • Un comunicado de la Universidad de Liverpool indicaba que un equipo investigador de esa Universidad había conseguido diseñar un *sistema de invisibilidad* con un *metamaterial informático* que curva las radiaciones electromagnéticas (luz visible, radar o microondas) alrededor de un espacio esférico, haciendo que un objeto (podría incluir aeronaves y submarinos) sea invisible dentro de esa región, cuando la luz viaja y se comporta como onda más que como haz. Por ahora el sistema es difícilmente aplicable a objetos o seres moviéndose arbitrariamente (como los humanos).

TRANSISTOR DE GRAFENO • Una lámina bidimensional de grafeno, de sólo 10 nanómetros de espesor, actúa como un transistor de electrón único. Cuando un electrón lo ocupa origina lo que se denomina un bloqueo de Coulomb e impide el flujo electrónico. Por tanto, conseguir el *apagado/encendido* de un transistor de grafeno requiere sólo unas mínimas variaciones de voltaje, que se traducen en amplios cambios en la corriente, haciendo que el instrumento sea sensible y rápido. Además del control individual de electrones, el grafeno es estable a temperatura ambiente, mientras que los semiconductores convencionales de silicio son mucho más oxidables y descomponibles.

PLÁSTICOS WIFI • En la revista NATURE MATERIAL científicos japoneses descri-

bían nuevos materiales plásticos que permiten su uso en forma de láminas colocables sobre paredes, suelos, techos, etc., siendo capaces de captar y emitir energía eléctrica mediante electroinducción, con transistores e interruptores impresos en el plástico de modo que se hacen innecesarios los enchufes y conductores eléctricos y pueden operar aparatos con consumos de hasta varias decenas de vatios, simplemente colocándolos en su cercanía.

BALLENAS • En las Bahamas se están haciendo las primeras pruebas de un robot submarino, que funciona como un torpedo zigzagueante, capaz de oír los sonidos de las ballenas tanto los de baja como los de alta frecuencia, para ayudar a que los barcos las eviten, sobre todo aquellos dotados con sonar que parecen haber sido responsables de numerosos daños a esta especie en el pasado con motivo de maniobras militares u otras tareas. Su capacidad de inmersión supera los 200 metros y los datos que capta los envía a una base directamente o vía satélite. Actualmente, sus baterías han de recargarse cada dos meses, pero una nueva versión en preparación, permitirá una duración de la carga por más de 5 años.

UN BIT • En la revista NATURE NANOTECHNOLOGY se publicó el descubrimiento de los científicos Andrei Sokolov y Bernard Doudin demostrando la posibilidad del almacenamiento de datos en un solo bit a nivel atómico. Esto podría abrir el camino de la memoria a nanoescala, cientos de veces más densa que las actuales memorias flash y RAM.

CHIP • En el año 2008 con motivo de la celebración en San Francisco de una Conferencia Internacional sobre Circuitos de Estado Sólido Joyce Kwong, un estudiante graduado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación (EECS) del Instituto Tecnológico de Massachussets presentó un nuevo tipo de chips para dispositivos electrónicos que puede ser hasta 10 veces más eficientes energéticamente que los de la actual tecnología. El diseño aplicable a los teléfonos celulares, dispositivos médicos implantables, diversos sensores, etc., hará que duren hasta 10 veces más tiempo que con los sistemas actuales.

LÁSER • La Universidad de Michigan está construyendo el láser más potente del mundo, de 20 mil millones de billones de vatios por centímetro cuadrado, es decir con una potencia superior 300 veces a la de la red eléctrica de todos Estados Unidos. Sin embargo la cuantía de la energía global liberada es pequeña ya que la duración del pulso del láser será tan sólo de 30 femtosegundos (un femtosegundo es la milmillonésima parte de un segundo). Entre las posibles aplicaciones se espera que esté la de poder desarrollar mejores tratamientos contra el cáncer.

CARRERAS DE COCHES • Científicos informáticos de la Universidad de Washington informan de que han desarrollado un software que permite que las audiencias televisivas vean instantáneamente cómo fluye el aire alrededor de los coches de carreras. El algoritmo ha sido probado ya por la cadena televisiva de deportes ESPN y la compañía de tecnología deportiva Sportvision Inc., para crear un nuevo efecto destinado a la cobertura televisiva de las carreras automovilísticas. La innovación ya se ha utilizado para ese fin, usando diversos colores que corresponden a las diversas velocidades y direcciones para el flujo de aire.

CÁMARA CURVA • La revista NATURE publicó el resultado de una nueva tecnología que había conseguido lograr una cámara fotográfica cóncava de 2 centímetros con una superficie de detección curva que capta las imágenes como un ojo y podría revolucionar la fotografía digital, obteniendo fotografías sin distorsión, más reales y nítidas. Se basa en la capacidad de construir dispositivos electrónicos de silicio sobre una membrana flexible.

LIBROS • ¿Se acabarán las librerías tradicionales? Un invento realizado en el 2007 destacado por la revista TIME fue la Expresso Book Machine (una de ellas, valorada en unos 40.000 euros está instalada en la Librería de Alejandría) que permite producir en unos 3 minutos, a partir del archivo correspondiente, la copia perfecta de un libro, incluyendo las cubiertas, en cualquier idioma y sin intervención humana con el mismo costo unitario (unos dos euros) para una que para mil copias. Ya ha comenzado a desarrollarse la correspondiente red de suministro de archivos con pleno respeto a derechos y licencias.

PERSECUCIONES • Ya no tendrán sentido las espectaculares persecuciones automovilísticas de delincuentes por parte de la policía que son peligrosas y cuestan vidas. El sistema comercial StarChase, destacado como logro tecnológico por la revista TIME, montado en el frontal del coche policial, dispara un dispositivo que se adhiere al vehículo perseguido y mediante tecnología combinada GPS e Internet es posible conocer la ubicación exacta del vehículo aunque escape de la persecución.

ANTI-MISILES • Ante las amenazas terroristas a la aviación comercial la empresa Northrop Grumman ha comenzado a suministrar sistemas antimisiles para los aviones comerciales. Situados sobre el fuselaje el sistema detecta el misil que se acerca e, inmediatamente, lanza un láser infrarrojo que crea una falsa señal mucho más fuerte que la de los motores del avión, alejando al misil que explosionaría lejos, en el aire. Ya se han equipado, en pruebas, 10 aviones MD10 para el transportista FedEX.

DESPERTAR • La mayor parte de la gente odia a su despertador. Ya existe prototipo para una alternativa más agradable, tal como destaca la revista TIME entre los mejores inventos. La glo Pillow es una almohada en cuyo tejido se integran una batería de LED programables. 40 minutos antes de la hora prevista para levantarse comienza a encenderse una luz muy tenue que gradualmente, a lo largo de los minutos siguientes, va haciéndose más brillante, simulando un amanecer natural, sin alterar bruscamente nuestro ritmo circadiano.

GELES ABSORBENTES • Científicos japoneses, en la revista NATURE MATERIAL, publicaron el desarrollo de un material muy absorbente. Se conocen muchos de tipo gel capaces de absorber líquidos acuosos y sustancias de tipo polar, pero sin embargo no había ninguno que fuese eficaz para sustancias orgánicas y no polares tales como aceites, petróleo, disolventes, y otras que, en ocasiones pueden tener unas grandes acciones contaminantes. Se ha conseguido usando geles polielectrolitos a base de tetrafenilborato de tetraalquilamonio, que logra absorber hasta 500 veces su tamaño de diversos disolventes orgánicos no polares. Sus posibilidades de aplicabilidad en casos de derrames de combustible por petroleros parecen prometedoras.

GAFAS MARAVILLOSAS • Existen las lentes fotocromáticas cuyos cristales se oscurecen o aclaran según sea la luz recibida, pero los usuarios no pueden ajustar su grado de oscurecimiento. Científicos de la Universidad de Washington presentaron un prototipo que no solamente permite ello sino que los cristales, a voluntad, pueden cambiar su tono amarillo, verde, púrpura, manipulando un pequeño botón incorporado. El nuevo material utilizado usa óxidos de tipo orgánico más que inorgánico en forma de gel que se coloca entre dos capas de material electrocrómico.

MICROONDAS • Todos sabemos que los hornos microondas calientan más rápidamente las zonas con más contenido acuoso. En un Congreso sobre tecnología de alimentos celebrado en Dinamarca un grupo investigador de la Universidad de Manchester presentó un nuevo y sencillo método y prototipo de instrumento microondas capaz de medir el contenido de grasas de los alimentos basado en la velocidad de calentamiento de los mismos. Recordemos que la legislación europea obliga a dar a conocer el contenido e ingredientes de todos los alimentos.

GLOBO • El grafeno, es una forma de carbono en la que los átomos se colocan de modo que constituyen un plano con un solo átomo de espesor. Ello le hace ser el material más fuerte conocido, con fuertes enlaces en dos dimensiones que logran formar membranas muy delgadas monoatómicas. Usando este material unos investigadores de la Universidad de Cornell han creado una membrana en forma de globo que es lo bastante resistente para contener gases con varias atmósferas de presión sin reventarse. Son muchas las posibles aplicaciones de este hallazgo.

SINGAPUR • La pequeña isla-estado de Singapur ocupa 693 kilómetros cuadrados y alberga a más de cinco millones de habitantes. Por ello sus autoridades están estudiando un plan ambicioso para que la mayor parte de las infraestructuras puedan ser enterradas bajo el suelo, desde las plantas de tratamiento de agua, la inmensa logística de puertos y aeropuerto, o las fábricas como las de microchips para ordenadores. Para poner en marcha los estudios han acudido a ingenieros noruegos de gran prestigio pues no en balde Noruega cuenta con una gran experiencia de construcción de túneles en zonas rocosas.

BIODIESEL POR LOS AIRES • Y no por el precio. En Checoslovaquia la empresa Biodiesel Solutions, Inc. ha suministrado el combustible para una prueba histórica. Un reactor checo no modificado, un L-29 de 1969 ha sido capaz de volar a 5.180 metros de altura durante 37 minutos. Hasta aquí todo lo normal. Lo interesante y el precedente ha consistido en que el combustible exclusivo ha sido aceite de colza de cocina refinado.

LAS BIOCIENCIAS



AROMA DE JAZMINES EN ELCHE

“...ARÓMALA CON PERFUMES DELICIOSOS DE DIVERSAS CLASES, ÁMBAR, ALMIZCLE Y FLORES FRAGANTES COMO LA ROSA, EL AZAHAR, EL JUNQUILLO, EL JAZMÍN...”. Así comienza EL JARDÍN PERFUMADO (historia de Mosailama), manual árabe sobre el arte del amor, escrito por Jeque Nefzawi en el Túnez de 1535. Y, en otro bello poema, *Jazmines del cabo*, el escritor hondureño Rafael Heliodoro Valle (1891-1959) nos dice: “¿Por qué causas misteriosas - la música de un violín - o el perfume de un jazmín - nos recuerdan muchas cosas? - Sortijas de aguas preciosas, - pañuelos de raso y tul, cartas dentro de un baúl, - vales del tiempo pasado, - y lo del cuento azulado: - Este era un príncipe azul - Esa flor nítida es una - cosa de la primavera: - un jazmín que ella nos diera - en una noche de luna. - Quién sabe por qué fortuna - esa romántica flor - puede expresar el temblor - sutil que el en alma vive, eso que nunca se escribe - en una carta de amor...”.

JASMONATOS • Los poetas se sienten atraídos por el jazmín. Los científicos saben que el principal atractivo de las diversas especies existentes de jazmines se debe a su aroma, consecuencia de su composición de aceites esenciales volátiles, en cuya composición intervinen múltiples moléculas, entre ellas acetato de bencilo, terpineol, benzoato de bencilo, linalool, jasmona o sus derivados (ácido jasmónico, jasmonato de metilo), etc. A estas últimas sustancias, cuyo nombre deriva de la planta en que primeramente se localizaron, nos vamos a referir, teniendo presente que su distribución es muy general entre muchas plantas, no sólo en los jazmines. También sabemos que el ácido jasmónico o alguno de más de una decena de sus derivados conocidos, algunos descubiertos hace casi medio siglo, actúan con importantes funciones vegetales relacionadas con la senescencia y el desarrollo o defensa de las plantas frente a insectos.

Las plantas y animales de nuestro planeta tras su separación evolutiva han evolucionado por separado durante mil quinientos millones de años. Mientras que los animales han perfeccionado y diversificado su sistema nervioso y su aparato locomotor, que les permiten entre otras muchas cosas alejarse del peligro, por el contrario, las plantas para sobrevivir se han

visto obligadas a desarrollar complejos sistemas de alarma, protagonizados por hormonas que perciben el peligro y desencadenan reacciones de defensa química contra los invasores. Así, hace ya bastante se descubrió que después de que una parte de un vegetal sea dañada, aparece muy pronto una respuesta defensiva en otras regiones del mismo, demostrando que la información sobre el ataque es transmitida de alguna manera a otras regiones para alertarlas y hacer que se vuelquen en la defensa. Una de estas hormonas vegetales es precisamente el jasmonato, que juega un papel central en la percepción de las heridas y del ataque por animales herbívoros, hongos y bacterias. Hace algún tiempo, científicos americanos, del Laboratorio Nacional Brookhaven, demostraron que el jasmonato era capaz de moverse rápidamente a través de toda la planta para lograr la transmisión de esta información, pero, en general y sorprendentemente, el desconocimiento científico sobre estos temas es todavía muy elevado.

ELCHE • Ello, posiblemente, justifica la repercusión científica internacional que está teniendo una investigación al respecto, aparecida *on-line* en la revista británica NATURE (que la incluyó como uno de los artículos principales en la publicación en papel) sobre el mecanismo genético-molecular participante en la transmisión de señales por el jasmonato. El director de la investigación, Roberto Solano es investigador del Centro Nacional de Biotecnología de Madrid, pero la participación de los Centros e investigadores ilicitanos de la Universidad Miguel Hernández ha sido de gran peso. Por el Instituto de Bioingeniería (Elche) de la UMH, están los profesores José Luis Micol y María Rosa Ponce, cuyos estudios científicos se iniciaron hace años con la licenciatura de Química en la Universidad de Murcia pero que, actualmente, son catedrático y profesora titular, respectivamente, de la UMH.

Hay que destacar que la revista NATURE es la más citada entre las revistas científicas interdisciplinarias y que, desde su creación, en 1869, hasta ahora, sólo ha publicado dos artículos principales firmados exclusivamente por grupos de investigación españoles, ambos relacionados con estudios de desarrollo realizados en la mosca *Drosophila*. El primero, en 1985, por el grupo de Ginés Morata (reciente Premio Príncipe de Asturias), y en el segundo, en 2006, participó María Domínguez (Instituto de Neurociencias de Alicante, CSIC-UMH de Elche).

También hemos de señalar que el caso hoy reseñado inmediatamente tras su publicación ha sido incluido, con una reseña extraordinariamente favorable, dentro del científicamente selecto club denominado *Faculty of 1000 Biology*, como una investigación trascendental por

su repercusión e importancia ya que el jasmonato y otros compuestos naturales similares, las oxilipinas, son esenciales para la adaptación al medio ambiente, regulando la respuesta de las plantas a muchas de las situaciones de estrés a las que se enfrentan, como el ataque por patógenos o insectos, la sequía y las variaciones extremas de la temperatura ambiental. En un momento en el que el cambio climático amenaza las condiciones actuales de la vida en la tierra, el descubrimiento de los investigadores ilicitanos puede tener gran trascendencia práctica a nivel agronómico y medioambiental.

JAZ • Ya se ha indicado que una de las funciones más importantes de la hormona jasmonato es la de centinela y aviso del peligro exterior. La primera respuesta de la planta ante la aparición de una herida, como la causada por la mordedura de un herbívoro, es la síntesis de jasmonato, cuya presencia constituye la señal de alarma que activa a determinados factores de transcripción, unas proteínas que a su vez interactúan con los genes y ponen en marcha una batería de genes de defensa hasta entonces inactivos. ¿Cómo? Hasta ahora se desconocía.

Los investigadores españoles, simultánea e independientemente de otro grupo investigador americano, con resultados parecidos que también recoge NATURE, han identificado una familia de proteínas represoras, a las que han denominado JAZ (abreviatura de “jasmonate zim-domain proteins”). En ausencia de jasmonato, las proteínas JAZ se enlazan a los factores de transcripción y les impiden actuar. Cuando aparece el jasmonato, se une a un receptor proteínico específico y ello induce la degradación de las proteínas JAZ. Con ello, los factores de transcripción que hasta ese momento permanecían secuestrados por las proteínas JAZ se ven así liberados y pueden unirse a sus genes diana, activándoles, lo que desencadena los complejos mecanismos moleculares de respuesta para la defensa.

EL FLORÍGENO

HENRICH HEINE (1797-1856), nacido en Dusseldorf, es considerado como uno de los más grandes poetas alemanes. La Universidad de Dusseldorf, que lleva su nombre, así lo testimonia. De vida agitada y carácter apasionado, su obra poética, plena de referencias míticas y paisajes fantásticos, dejó una profunda huella en la lírica posterior.

FLORES • Se cuenta de Heine que ya muy enfermo, momentos antes de su fallecimiento, el Dr. Gruby, gran amigo suyo, entró en su alcoba y lo miró en silencio, con tanta tristeza que Heine le preguntó: “¿Voy a morir ya?”. El médico contestó: “Sí, llegó la hora. Usted me hizo prometerle que se lo diría y cumplo mi promesa. ¿Desea algo de mí?”. El poeta le indicó: “Sí, mi mujer duerme, no la despierte; pero coja esas flores, que compró esta mañana. Yo adoro las flores... ¡Póngalas sobre mi pecho! ¡Gracias, muchas gracias!”. Y, tras aspirar por última vez el perfume de aquellas flores, exclamó antes de fallecer “¡Flores, flores!... ¡Qué bella es la naturaleza!”.

El poeta español Ramón de Campoamor publicó sus PEQUEÑOS POEMAS en 1872, es decir 16 años tras la muerte de Heine pero posiblemente no conocía la historia anterior cuando escribió en el poema XV, titulado *La utilidad de las flores*: “¡Morir con una flor en las manos es morir abrazado con el cielo!”, poema que se inicia con la advertencia de: “No lo dudéis, lectores, si hay un cielo, hay en él aves y flores”.

Realmente las flores conmueven a los poetas, son la expresión material del cariño, del amor o de la veneración, del recuerdo a los que no están, embellecen el entorno en el que se encuentran, sus aromas son por todos apreciados e impregnan universalmente las representaciones artísticas de la humanidad.

Para la Ciencia las flores poseen también un gran interés ya que todavía no está aclarado totalmente cómo y por qué ocurre el proceso de la floración. Y a nadie se le oculta las profundas implicaciones económicas que tendría el saber controlar con precisión el proceso de floración de las plantas.

FLORACIÓN • En 1865, el botánico alemán Julius von Sachs observó que la iluminación de una simple hoja de una cierta planta estimulaba su florecimiento... En 1938 dos grandes fisiólogos vegetales Karl C. Hamner y James Bonner publicaron una investigación titulada (original) *PHOTOPERIODISM IN RELATION TO HORMONES AS FACTORS IN FLORAL INITIATION AND DEVELOPMENT* demostrativa de que las hojas *percibían* la luz, y ello provocaba el desarrollo de la yema floral. Aparentemente, de la hoja a la yema se transmitía alguna sustancia con profundos efectos sobre el crecimiento y desarrollo, es decir, una hormona de la floración.

Chailakhyan, un gran investigador de la floración de plantas de día corto, como los crisantemos, indicó que realmente las hojas producían una hormona que se dirigía al ápice e iniciaba la floración. Chailakhyan denominó a esta hipotética hormona florígeno, el *hacedor de flores*. Aunque durante muchos años se pensó que la duración del día era determinante para inducir la floración, interrumpiendo alternativamente la longitud del día o de la noche en condiciones controladas de invernadero, se demostró que es la duración de la noche quien determina la inducción de la floración.

El comportamiento de distintas especies en respuesta al fotoperiodo, clasifica a la mayoría de las plantas en tres grupos:

- Plantas de Día Largo (PDL) o Plantas de Noche Corta (PNC), que florecen tras una o varias noches cortas (ejemplo: espinaca, trigo, avena, cebada, guisante, remolacha, nabo).
- Plantas de Día Corto (PDC) o Plantas de Noche Larga (PNL) que lo hacen tras una o varias noches largas (ejemplos: cebolla, soja, algodón, arroz, caña de azúcar, maíz).
- Plantas Neutras al Fotoperiodo (PNF), insensibles al fotoperiodo (ejemplos: pepino, tomate, judía) . Mientras algunas plantas necesitan de un sólo periodo de inducción para florecer mientras otras necesitan de varios periodos inductivos.

Otros experimentos demostraron que la respuesta floral no tiene lugar si inmediatamente después de la fotoinducción se quitan las hojas. Pero si se dejan las hojas en la planta durante unas pocas horas después de completarse el ciclo de inducción, pueden quitarse entonces sin que la floración se vea afectada. La interpretación es que la duración del fotoperiodo se percibe en las hojas, que generan una señal que se transmite al meristemo apical. Esta señal o florígeno, es transportada a través del floema (la floración se interrumpe interceptando esta circula-

ción) y puede pasar de una planta fotoinducida a una planta no fotoinducida, pero siempre que entre ambas haya conexiones anatómicas de tejido vivo. Aunque se acumularon las evidencias de la existencia de sustancias tanto inductoras como inhibidoras de la floración, sin embargo, los intentos de aislarlas fueron infructuosos hasta tiempos recientes.

FLORÍGENO • En el año 2005 pareció que se había conseguido la meta anhelada, el descubrimiento del florígeno. Dos artículos publicados en la revista SCIENCE por científicos de la Universidad de Kyoto (Japón), del Instituto Max Plank de Tubingen (Alemania) y de la Universidad de Ciencias Agrícolas de Umea (Suecia) indicaban que, cuando las condiciones ambientales son las propicias para que se inicie la floración, la planta envía desde las hojas al ápice un ARNm (ácido ribonucleico mensajero) que codifica la producción de una proteína FT. La proteína FT interacciona físicamente con otra proteína FD que sólo se produce en el ápice y, de un modo aún desconocido, ello activa el programa de construcción de las flores en la punta del tallo. Es decir, que las dos proteínas por separado no funcionan, y tienen que juntarse físicamente para activar a los genes de floración. Este descubrimiento se inscribió como uno de los más importantes científicamente del año 2005.

A inicios de mayo del 2007, de nuevo las revistas SCIENCE y NATURE retomaban el tema ante la aparición de dos artículos que rectificaban y completaban los datos publicados. Por una parte, parece ser que Tao Huang, uno de los investigadores participantes en el grupo sueco, actualmente en China, no fue muy escrupuloso en los análisis de los resultados, omitiendo algunos y llegando a conclusiones erróneas. Los otros cuatro participantes del grupo investigador sueco así lo denunciaron. Las ideas actuales de los equipos de investigadores y de otros nuevos equipos que intervinieron o que han intentado confirmar los hallazgos es de que el papel de florígeno lo realiza no el ARNm de la proteína FT, sino la propia proteína FT, que es la que físicamente viaja desde las hojas a los ápices donde se producirá la floración. Así lo han demostrado científicos alemanes, con la planta *Arabidopsis thaliana*, fusionando la proteína FT con otra proteína fluorescente lo que permitió la visualización del transporte de FT desde las hojas en la savia del floema hasta las células meristémicas generadoras de los tejidos que florecerán.

EL AÑO DE LA PATATA

NO SE TRATA DE NINGUNA FESTIVIDAD CHINA. La declaración del 2008 como *Año Internacional de la patata* la ha realizado la FAO, Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas, con el fin de “aumentar la conciencia de la importancia de la papa como alimento en los países en desarrollo”, en un momento en el que los precios elevados de los alimentos constituye una preocupación mundial y que, según Hafez Ghanem, Subdirector General de la FAO. “estamos enfrentándonos al riesgo de que el número de personas que pasan hambre aumente en muchos más millones”. La patata constituye una esperanza. La revista SCIENCE así lo destaca en su número de esta semana.

HISTORIA • La papa o patata cuenta con una rica historia, cerca de diez mil años, que se está reconstituyendo utilizando las técnicas genéticas de la moderna biología molecular.

En cuanto a su domesticación, un estudio genético dirigido, en la Universidad de Wisconsin, por el botánico David Spooner, estableció, a través del análisis de marcadores genéticos de unas 360 especies del género *Solanum*, que “todas las variedades cultivadas actualmente se originaron a partir de la domesticación de la *Solanum bukasovii* en el sur del Perú y oeste de Bolivia”, alrededor de 8.000 años antes de Cristo y que la papa es oriunda del Perú, pues el rastreo genético realizado llevó a identificar a un ancestro con un origen único en el sur del Perú así como que todas las variedades de papa cultivadas actualmente se remontan a esa única fuente. Aunque algunos científicos chilenos no están muy de acuerdo con ello, lo cierto es que existen cultivares nativos de papas a lo largo de los Andes, Chile, norte de Argentina, Colombia, sur de Venezuela y partes de México, aunque su mayor concentración se encuentra en Perú, seguido de Bolivia y Ecuador. Se estima que en total existen actualmente alrededor de 5.000 variedades de papas nativas en los Andes, de las que un 80-85% se encuentran debidamente caracterizadas y catalogadas en el banco genético de la Colección Mundial de Papa que el Centro Internacional de la Papa mantiene en custodia por encargo de la FAO.

La palabra *papa* es de origen quechua y del cruce entre batata, palabra originaria de la isla

La Española, y papa resultó *patata*, nombre que le fue aplicado en un principio por los conquistadores tanto a la papa como a la batata. El término papa aparece escrito por primera vez hacia 1540 y el de patata en 1606 con el significado de batata y sólo a partir del siglo XVIII con el significado de papa. Se dice que en España y la Nueva España se prefirió usar este nombre de patata en lugar de papa para evitar ofender a los papas. Aunque en la mayor parte de España se llaman patatas, en las Islas Canarias y en parte de Andalucía predomina la palabra papa, al igual que en el resto de los países hispanoparlantes.

Introducida en Europa por los conquistadores españoles, la planta de la patata se usó bastante tiempo con fines ornamentales exclusivos, pero hay datos de que en 1573 se plantó en el Hospital de la Sangre de Sevilla para proporcionar comida a los enfermos y hacia fines del siglo XVI ya era un alimento común en Italia, Alemania, Polonia y Rusia; pero no en Francia donde se admiraba la belleza de sus flores que María Antonieta convirtió en el adorno favorito para su cabello. Fue el farmacéutico y gastrónomo Antoine Parmentier quien popularizó en ese país el consumo de la papa. Parmentier era conocido por sus banquetes, en los que ofrecía la papa como novedad alimenticia.

CONSUMO • La papa es uno de los cuatro cultivos más importantes mundiales junto al trigo, arroz y maíz, con la ventaja de que sus tubérculos poseen un rendimiento por hectárea superior al de los granos de los cereales. Los tubérculos o papas se utilizan en alimentación animal y consumo humano, directamente cocinados, en diversos alimentos procesados, como agente gelificante y en la producción de bebidas alcohólicas. Asimismo, los tubérculos de papa presentan un sinnúmero de aplicaciones industriales y, por ejemplo el almidón de la papa provee una cobertura para el papel y para productos textiles.

Las patatas son fácilmente digeribles y poseen un alto valor nutricional. Contienen un 78% de agua y un 18% de almidón con el resto variable de proteínas, minerales y cerca de 0,1% de lípidos. La papa contiene varias vitaminas como vitamina C, riboflavina, tiamina y niacina. Entre los distintos minerales, calcio, potasio, fósforo y magnesio. Debido a que presenta una escasa cantidad de sodio, su uso es adecuado en las dietas de bajo contenido en sodio. Las papas consumidas con la cáscara son una excelente fuente de fibra, superior a los porcentajes de fibra que se encuentran en otros alimentos tales como los granos de cereales integrales.

Los tubérculos se cocinan de muy variados modos: se guisan, se sancochan, se asan, se

saltean, se fríen, se usan para purés, en cremas, sopas, suflés, croquetas y tortillas. Por deshidratación por congelación se produce el llamado *chuño*, ya conocido por los indígenas precolumbinos y antecedente de los purés instantáneos de papas. También, a partir de la fermentación de los tubérculos se obtiene una variedad del vodka.

GENES • El genoma de la patata se está descifrando actualmente a través de un Consorcio Científico Internacional formado por institutos nacionales de investigación científica de Argentina, Brasil, China, los Estados Unidos, la India, Irlanda, Nueva Zelanda, los Países Bajos, Perú, Polonia, el Reino Unido y Rusia. Cada socio nacional va a establecer la secuencia de por lo menos un tercio de un cromosoma, y cada cromosoma se ha asignado a uno o más países. Es notoria la ausencia científica de España, que en su día diera a conocer la patata a buena parte del mundo.

La papa tiene 12 cromosomas, cada uno con una longitud aproximada de 70 millones de pares de bases, con lo cual su tamaño, es en torno a una cuarta parte del genoma humano y posee un número de genes similar o superior al mismo.

La papa cultivada es una planta exógama autoincompatible y de elevada heterocigosis. El genoma contiene mucho más que 40.000 genes y estos genes no están organizados en grupos, lo que en la práctica significa que por medios genéticos tradicionales es complejo y prolongado obtener mejoras auténticas, por lo cual el mejoramiento genético biotecnológico es un proceso esperanzador. Según Christian Bahem, del Departamento de Botánica de la Universidad de Wageningen, en los Países Bajos, coordinador del Potato Genome Sequencing Consortium (PGSC), desentrañar la secuencia completa del ADN supondrá localizar y determinar la codificación de los genes de características importantes, como los de la resistencia a las enfermedades, pero también los atributos nutricionales, como la calidad del almidón, el contenido de proteínas y vitaminas. Descifrar la secuencia genómica también permitirá obtener marcadores moleculares que los fitogenetistas pueden utilizar para aumentar la eficacia y la rapidez de sus programas de mejoramiento. A largo plazo, la secuencia completa del genoma será la base para entender los procesos biológicos básicos de características complejas como el rendimiento y la calidad.

POCA AGUA PARA ALGUNOS

NUESTRO MUNDO ES ACUACÉNTRICO. Ningún organismo vivo conocido puede vivir sin agua. Cuando los astrónomos investigan la posibilidad de vida fuera de la Tierra lo que hacen es buscar signos de la existencia actual o pasada de agua. Y un gran número de expertos piensan que la disponibilidad de agua será el factor más importante en el futuro de la humanidad. En nuestro planeta el agua es escasa en un gran número de lugares y está mal distribuida.

¿Podemos aprovechar mejor el agua? ¿Se pueden adaptar los seres vivos a un menor consumo de agua? ¿Se pueden favorecer modificaciones en ellos para que consuman menos agua? La revista *THE BIOCHEMIST* órgano oficial de la prestigiosa *The Biochemical Society* ha dedicado recientemente un número monográfico dedicado a este tema lo que nos sirve de justificación para algunos comentarios al respecto.

OMS • El ejemplo africano puede ser significativo. La Organización Mundial de la salud (OMS) recomienda una ingesta diaria de 2,2 litros diarios de agua para las mujeres adultas y de 2,9 litros diarios para los varones, cifras que deberían alcanzar los 4,5 litros si las personas se dedican a actividades manuales en lugares cálidos. La realidad que nos trasladan ONG como *Water for Africa* (www.waterforafrica.org.uk) es la de que en muchos lugares, incluyendo colegios, sólo se puede disponer de 1 litro por día y persona durante las horas escolares, lo que provoca la correspondiente deshidratación infantil. La misma OMS estima que el 80% de todas las enfermedades del mundo se deben a la inadecuada potabilización del agua y a la falta de higiene así como que los niños que fallecen diariamente por esas causas superan la terrible cifra de 4.000. Alrededor de 1,8 millones de personas mueren anualmente debido a las enfermedades diarreicas (incluyendo el cólera) y de esos casos, un 80%, se debe a un inadecuado suministro de agua e higiene sanitaria.

Aunque en la década de los 80 del pasado siglo se realizó un gran esfuerzo en África, construyendo bastantes pozos abiertos dotados de un cubo y una soga, el hecho de compartirlos con el ganado y otros animales ha agravado el problema de las contaminaciones patogénicas en la población. Y en cuanto a las tierras agrícolas, de una gran potencialidad, sólo se pueden

utilizar menos de tres meses al año para el cultivo, aprovechando la estación lluviosa. Conseguir agua para los lugares en qué se necesita y dónde se puede aprovechar más rentablemente, en términos sociales, económicos y de salud, es el gran desafío al que se enfrenta nuestra civilización

ESCASEZ • La escasez de los recursos hídricos hace que los científicos observen e investiguen con suma atención a los seres vivos que viven con un mínimo de agua, ya que los avances de la Biología Molecular podrían permitir extrapolar a otras especies los condicionamientos genéticos que hacen posible esas situaciones. Vamos a repasar algunos ejemplos.

Es bien conocido que las semillas, el polen y ciertos microorganismos poseen una alta capacidad de sobrevivir a la desecación, existiendo ejemplos de semillas encontradas en lugares protegidos de yacimientos arqueológicos que, tras muchos centenares de años de permanecer desecadas, han podido ser germinadas. Sin embargo, este hecho es muy raro en los tejidos vegetativos de las plantas con flores. Las *plantas resurrección* parecen realizar el milagro de parecer absolutamente muertas en el estado desecado pero volver a la vida y florecer con la adición de agua. El profesor Donald Haff de la School of Biological Sciences, de la Monash University de Australia, fue el primero, hace tiempo, que comunicó, en la revista SCIENCE, su descubrimiento en Sudáfrica de una de estas plantas. Era la única especie resistente a la desecación de las 14 que componen las *Craterostigma plantagineum* Hochst y sus hojas maduras sobrevivían al pasar desde una humedad relativa del 15% al 0%. Desde entonces, se han hallado más de 300 especies de plantas parecidas entre las 250.000 especies de plantas vasculares existentes.

El hecho tiene un gran interés para conocer las bases moleculares de la resistencia de las plantas a la sequía y para conseguir variedades con esta propiedad. Se conoce ya mucho respecto al mecanismo del proceso que consiste en la inducción de un programa coordinado de cambios genéticos y bioquímicos durante la desecación, incluyendo la síntesis de nuevas proteínas y azúcares protectores que consiguen limitar el daño a los constituyentes celulares.

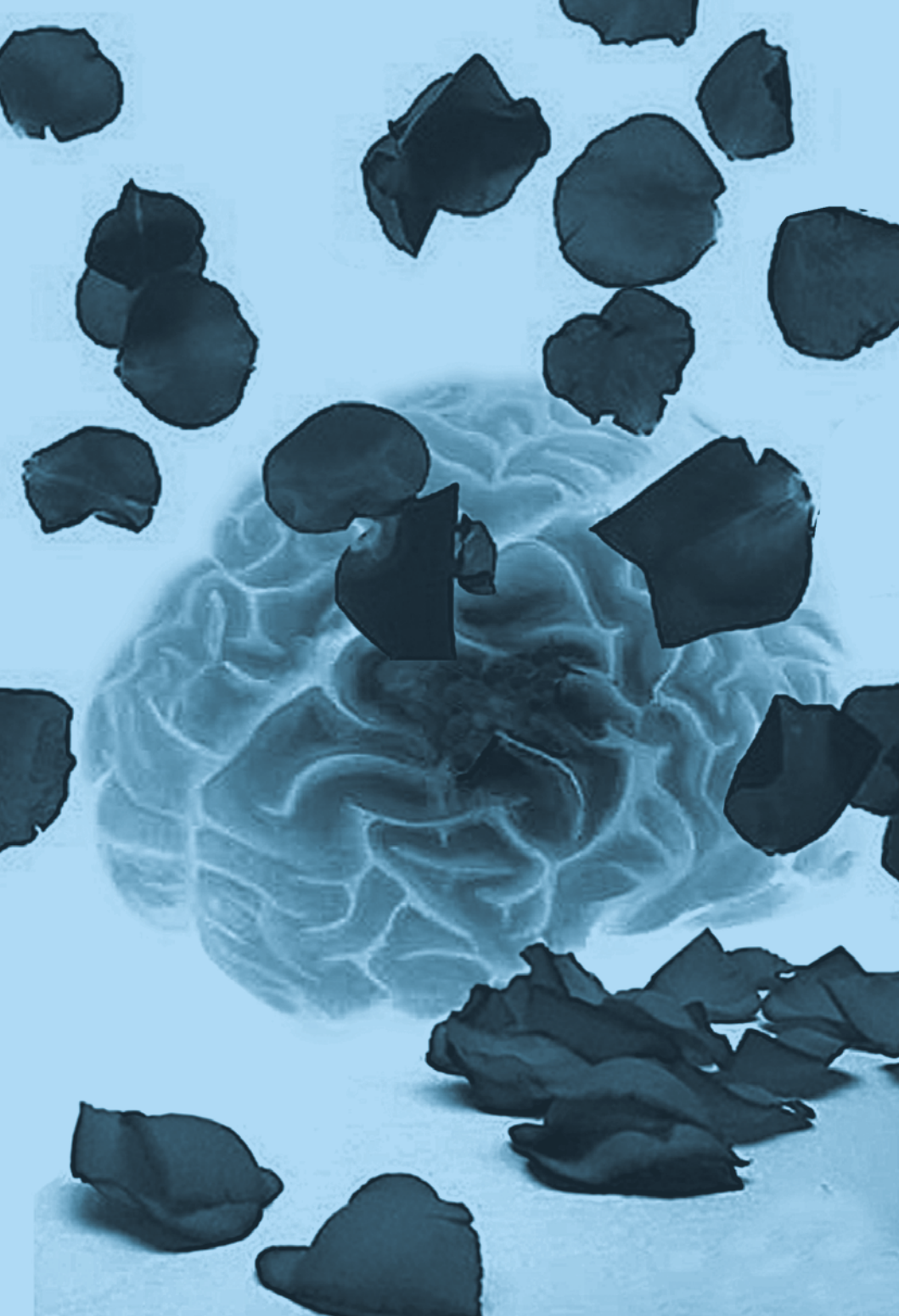
SALINIDAD • El agua es necesaria como disolvente para que la maquinaria enzimática celular funcione. La *actividad del agua* (1 la del agua pura) depende de la concentración de los solutos tales como el cloruro sódico (sal común). Un valor de 0,61 de actividad parece que es

el límite inferior compatible con la vida. Por ello es interesante investigar como los lagos salados y otros ambientes hipersalinos están poblados por un abundante y diverso mundo de microorganismos que viven a concentraciones salinas muy próximas a la saturación. ¿Cómo ocurre ello? ¿Podremos utilizar el conocimiento adquirido para el desarrollo de plantas resistentes a la salinidad?

Es bien sabido que endosporas de *Bacillus* y *Clostridium* pueden sobrevivir centenares, miles o millones de años. Pero la supervivencia de microorganismos desecados no se restringe a estos microorganismos. El proceso rutinario de liofilización se utiliza normalmente para la preservación de cultivos bacterianos por tiempos largos y, tras la rehidratación, las células crecen y se dividen normalmente. Hoy día ya conocemos bastante sobre los diversos mecanismos de adaptación a la salinidad que utilizan un gran número de especies microbianas halofíticas.

Otro ejemplo interesante es el de los tardígrados, animales microscópicos, agrupados en unas 900 especies que son conocidos con nombres populares como ositos del agua o cerditos del musgo. La lentitud de sus movimientos (de ahí su denominación) y su relativa transparencia les hace ser fácilmente estudiados en el microscopio. Lo interesante de su relación con el agua es que pueden denominarse seres estrictamente acuáticos ya que necesitan estar rodeados de agua para desarrollar sus actividades. Sin embargo, la mayor parte de ellos poseen hábitats terrestres, incluso habitan en lugares en los que el agua es muy escasa. La solución que han desarrollado es la de estar recubiertos temporalmente por una capa de agua, cuyo espesor es esencial para permitir la locomoción del tardígrado sobre su sustrato de líquenes, plantas, tierras, sedimentos, superficies de rocas, paredes, etc. En este caso el metabolismo de carbohidratos también está implicado en el interesante ejemplo de resistencia a la sequía y se posee un profundo conocimiento al respecto. Su capacidad de permanecer en estados de latencia y *resucitar* posteriormente les ha hecho acreedores de que se les adjudique la posibilidad de haber resistido viajes espaciales extraterrestres hasta llegar a nuestro planeta.





¿AROMA DE ROSAS PARA MEJORAR LA MEMORIA?

ASÍ LO PARECE, SEGÚN UNA INVESTIGACIÓN RECIENTEMENTE PUBLICADA. Trataremos de comentar ese trabajo y alguna otra reciente información relacionada con el fenómeno de transformación del aprendizaje en memoria, sin olvidar ya que la práctica médica hindú Ayurveda incluye los aromas y que en el norte de la India la gente acostumbra a oler rosas frecuentemente porque dicen que ello estimula sus mentes.

APRENDIZAJE • Vamos paseando por la calle y, repentinamente, una persona extraña se nos presenta y nos pregunta “¿Te acuerdas de mí?”. Inmediatamente comienza en nuestro cerebro una búsqueda frenética de las informaciones e imágenes consolidadas archivadas en la memoria y, con suerte, por fin, el cerebro ubica nombre, procedencia y quizás otros detalles del interlocutor. Este procedimiento, de apenas segundos, no termina ahí. Posiblemente, los nuevos datos de este inesperado encuentro vuelvan a guardarse, remodelando, reconsolidando, la información original.

Los procesos de aprendizaje, memoria y consolidación de la memoria están íntimamente relacionados entre sí y en ellos intervienen delicados mecanismos neuronales y moleculares que la ciencia intenta descubrir, ya que nos informarían sobre aspectos importantes de nuestro ser y ayudarían a enfocar adecuadamente el tratamiento de numerosas patologías existentes en relación con esas dos grandes actividades del aprendizaje y la memoria.

ROSAS • Se suele decir que las personas optimistas observan el mundo a través de un cristal de color rosa. Desde ahora quizá haya que pensar que el aroma de las rosas también puede beneficiarnos.

Jan Born y su equipo del Departamento de Neuroendocrinología de la Universidad alemana de Lübeck, diseñaron un experimento, publicado en la revista *SCIENCE*, en el que 74 voluntarios ejecutaron juegos similares al llamado *Concentración*, en el que se deben encon-

trar pares de objetos o de cartas iguales previamente mostrados y ocultados, mediante el procedimiento de darles la vuelta a las cartas o cartulinas sólo una vez.

Todos los participantes pasaron luego a dormir en un aparato en el cual se capturaban imágenes de la actividad cerebral por resonancia magnética (IRM). En varios momentos del sueño, el equipo de Born expuso a parte de los voluntarios a un aroma a rosas y todos los participantes fueron evaluados nuevamente el día siguiente al del juego. Los participantes que habían inhalado el olor a rosas recordaron el 97,2 por ciento de los pares de cartas que habían aprendido antes de dormirse, mientras que los participantes que no habían olido a rosas mientras dormían sólo recordaron el 86 por ciento de los pares.

Los investigadores interpretaron los resultados indicando que recuerdos se consolidan durante el sueño y que las fragancias, y quizá otro tipo de estimulación, pueden reforzar las formas de aprendizaje del cerebro.

Estos hallazgos añaden interés al debate sobre si las personas *aprenden* mientras duermen, del mismo modo en que ciertos estudios han demostrado que hacen algunos animales. Por ejemplo, sabemos que las ratas que aprenden a sortear un nuevo laberinto luego ensayan sus movimientos durante el sueño, y que los pájaros cantores repasan sus canciones al dormir. El hipocampo, es una parte del cerebro asociada con las cosas nuevas que aprendemos o experimentamos hasta que son almacenadas y consolidadas en la memoria a largo plazo. Durante el sueño esas memorias o aprendizajes recientes serían reactivados y trasladados al cortex cerebral.

Las imágenes de IRM magnéticas mostraron que el hipocampo se activaba cuando el aroma a rosas era inhalado por los voluntarios durante la fase de sueño lento, pero que no sufría cambios en la etapa REM o sueño de movimiento rápido de los ojos.

Habría que tener en cuenta que el uso de olores o similares para consolidar la memoria no serviría para otro tipo de actividades que no se basan en el hipocampo como pueden ser la de aprender a tocar un instrumento musical o la de conducir un vehículo.

MEMORIAS DESAGRADABLES • La revista NATURE NEUROSCIENCE también publicó otra interesante investigación realizada en ratas, relacionada con la memoria y con el proceso de la consolidación de la misma desde el recuerdo reciente al estable. El equipo de Joseph LeDoux, del Center for Neural Science en la New York University, demostró que ese proceso de consolidación puede ser afectado selectivamente por ciertas drogas.

Los investigadores usaron ratas entrenadas a temer a dos sonidos musicales de diferente tonalidad que eran emitidos a la vez que los animales eran sometidos a una descarga eléctrica controlada. A la mitad de las ratas se les administró la droga U0126 que es una sustancia provocadora de amnesias limitadas. Entonces a todos los animales, la mitad de los cuales estaban bajo la influencia de la droga, se les sometió a la emisión de uno de los tonos, acompañado de descarga.

Cuando al día siguiente se analizó de nuevo el comportamiento de las ratas frente a ambos tonos se encontró que los animales no tratados seguían mostrando miedo ante los dos tonos. Pero en las ratas tratadas con U0126 había desaparecido el temor ante uno de los tonos, precisamente el que había sido emitido durante el tratamiento, es decir que el recuerdo temeroso del sonido y descarga emitidos durante el efecto de la U016 no se había consolidado, sino borrado.

El equipo de LeDoux dedujo que la zona cerebral de la amígdala es importante en estos procesos ya que usualmente aumenta la comunicación entre las neuronas de esa zona cuando se forma la memoria del temor, mientras que esa comunicación disminuye en las ratas tratadas, en las que se impide esa formación, lo que señala que el efecto no es el de una ruptura en los enlaces memoria y respuesta temerosa sino que, más bien, el medicamento condujo a la desaparición de la memoria del miedo.

¿Podría ello llegar a tener una aplicación clínica? La patología conocida como *síndrome de estrés postraumático* es un trastorno psiquiátrico que aparece en personas que han vivido un episodio dramático en su vida (guerra, secuestro, muerte violenta de un familiar...). En las personas que lo sufren son frecuentes las pesadillas que rememoran la experiencia trágica vivida en el pasado. Los recuerdos, la memoria, desagradables condicionan la vida de estos pacientes. Se confía que, cuando se investigue más sobre ello, se puedan diseñar y usar fármacos que conduzcan al debilitamiento o anulación de los recuerdos o memoria productores del temor. Habrá que contestar antes a preguntas del tipo ¿cómo el cerebro dirige y almacena los buenos recuerdos en un lugar del cerebro y productores de miedo en otro? ¿Cuál es el papel de proteínas como la NF-kB, que participa en la consolidación de la memoria y cuya inhibición produce amnesia?

LA DETERMINACIÓN SEXUAL

LA FILOSOFÍA DE ARISTÓTELES (384 a.C.-322 a.C.), junto a la de su maestro Platón, constituye el legado más importante del pensamiento de la Grecia antigua. Sólo 30 de sus obras, de las más de 170 que escribió, se han conservado. Aunque durante mucho tiempo el pensamiento aristotélico se vio eclipsado por el prestigio de Platón, a partir del s. XII los pensadores árabes, especialmente Avicena y Averroes, ayudaron al renacimiento del pensamiento aristotélico, reivindicado por Bacon y San Alberto Magno y transformado por santo Tomás de Aquino en base de la teología cristiana.

ARISTÓTELES • Los grandes interrogantes de la Embriología han preocupado siempre al hombre. También a Aristóteles. Para él, el sexo era determinado según el calor de la pasión del progenitor masculino durante el coito. A mayor pasión, mayor probabilidad de engendrar un varón. Por ello, aconsejaba a los jóvenes fecundar a sus parejas en el verano para tener hijos varones. En cuanto a diferenciación sexual, las mujeres serían como *hombres mutilados*, en los que se hubiesen detenido tempranamente el desarrollo de sus estructuras (sobre todo genitales) porque el frío de las entrañas de la madre había prevalecido sobre el calor del semen paterno.

Respecto al sexo del futuro bebé, Aristóteles escribió que las mujeres embarazadas con pecas en la cara alumbran niñas y las que conservan su buen color, paren varones. Otro indicio adicional recogido era que si a las madres los pechos se les vuelven hacia arriba nace un varón y si es hacia abajo nace una hembra o que al mezclar leche de la mujer con harina para hacer un panecillo y cocinarlo a fuego lento, si se quema por completo, nacería un varón, y si se entrea-bre pariría una niña. Y así, un largo etcétera de injustificadas curiosidades anecdóticas.

No olvidemos que el citado pensamiento aristotélico sobre la mujer considerada como *hombre mutilado* fue aceptado por la iglesia católica e, incluso, por Galeno, manteniéndose esa creencia hasta el año 1543, en que fue actualizado gracias a los estudios realizados sobre los órganos sexuales por Vesalius. Pero, incluso cercanos a la época actual, en 1889, los eruditos científicos indicaban que “la constitución física, edad, nutrición y medio ambiente de los

padres deben ser especialmente considerados en todos los análisis sobre tal aspecto” porque, razonaban, “los factores que favorecían el acumulamiento de energía y nutrientes predisponían a tener descendencia femenina, mientras que los factores que favorecían la utilización de la energía y nutrientes influían para que fuese masculina”.

En el siglo XX, concretamente en el año 1905 fue cuando por primera vez tras el redescubrimiento de las leyes de Mendel y las investigaciones sobre los cromosomas sexuales se correlacionó, en insectos, el sexo femenino con los cromosomas sexuales XX y el sexo masculino con el par cromosómico XY, es decir, se demostró que la determinación sexual se debía más que a sucesos ambientales, a la participación de los cromosomas de los núcleos de las células germinales.

DETERMINACIÓN • Actualmente, se acepta que la diferenciación sexual primaria es un proceso estrictamente cromosómico. La combinación cromosómica XX o la XY es la responsable del correspondiente sexo genético, hembra o varón.

En la determinación de sexo y en la diferenciación sexual intervienen diversos factores genéticos. Algunos de estos genes se localizan en los cromosomas sexuales, pero otros son genes autosómicos, ubicados otros cromosomas. Podríamos resumir algunos de los más importantes señalando que:

- En el cromosoma Y (el cromosoma diferenciador masculino) se encuentra el gen SRY que codifica a la proteína sry, inductora del desarrollo testicular a partir de la gónada bipotencial indiferenciada. El gen SRY activa también la proteína sf-1 que posee gran importancia en el desarrollo testicular y en la regulación de la hormona antimulleriana (que participa en la diferenciación masculina).
- En el cromosoma X (diferenciador femenino) también existe una región específica que incluye algunos otros genes cruciales para la diferenciación sexual femenina.
- También existen genes autosómicos que son esenciales para la determinación del sexo. Entre ellos el SOX-9, cuya acción es necesaria para el desarrollo testicular, o el DAX-1 que es otro gen importante por su posible antagonismo con el gen SRY. Otro gen crítico es el WNT-4 participante en la diferenciación del ovario.
- En cualquier caso tenemos que tener presente que la regulación de la expresión de cualquier gen está sometida a la participación de otros muy diversos factores, proteínas e, incluso, genes.

INTERSEXO • Precisamente en relación con uno de estos genes no cromosómicos, el gen Sox9, la revista NATURE publicó recientemente unas investigaciones interesantísimas. Este gen está involucrado, cuando está activo, en la formación de los testículos. Pero, aproximadamente, en uno de cada 20.000 nacidos cromosómicamente como varones, el gen no es activo o es poco activo y lo que ocurre es que las células que controla se convierten en foliculares que maduran hasta formarse ovarios, es decir, que a pesar de que sea cromosómicamente un varón (cromosomas XY) a la persona afectada le corresponde una morfología de hembra. Por el contrario, si el gen Sox9 es muy activo en una hembra cromosómica (XX) lo que se forman son gónadas masculinas.

La investigación fue realizada sobre ratones, pero que se cree es totalmente extensible a humanos y ha demostrado que precisamente son los productos de otros dos genes SRY y SF1 los que controlan sinérgicamente el lugar genético que regula el *encendido* o *apagado* (on/off) del gen Sox9. Uno de estos dos genes, como hemos comentado antes, se localiza en el cromosoma Y (el característico de los varones).

Las derivaciones biomédicas de estos conocimientos son amplias puesto que ello ayudará a la asignación correcta de sexos, guarda relación con el hecho conocido del mayor riesgo de cáncer ovárico en los varones cromosómicos con ovarios y, asimismo, tiene implicaciones con las controvertidas peticiones voluntarias de asignación de sexo.

PROYECTO RATONES NOQUEADOS

NO PUDO SER MÁS OPORTUNA LA CONCESIÓN DEL PREMIO NOBEL DE MEDICINA DEL 2007. El 7 de septiembre los NIH, Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos, hacían público el nuevo y ambicioso *Proyecto Ratones Noqueados* (www.knockoutmouse.org) en el que participan 19 institutos y centros.

Y, menos de un mes después, la Academia sueca otorgó el galardón Nobel de Medicina y Fisiología 2007 a los científicos estadounidenses Mario Capecchi (de origen italiano) y Oliver Smithies (nacido en Gran Bretaña) y al británico Sir Martin Evans “por sus trabajos sobre células madre y manipulación genética en modelos animales”, es decir, por haber desarrollado las técnicas de manipulación de células madre embrionarias que han permitido la producción de ratones con un *gen “knockout”, noqueado, silenciado, desactivado*, o cualquier otra expresión análoga, que signifique que se evita que un gen concreto se exprese.

OBJETIVOS • El proyecto se une a otros dos ya iniciados y buscará la colaboración entre ellos. Se trata del proyecto canadiense NorCOMM (North América Conditional Mutagenesis Project) y del proyecto europeo EUCOMM (European Conditional Mouse Mutagenesis Program).

Un ratón noqueado es un ratón modificado genéticamente que posee uno o más genes hechos inoperantes por la inserción de un gen mutado, roto o modificado adecuadamente. Un ratón transgénico es un concepto más amplio, que engloba al otro, pues se trata simplemente de un ratón al que se le ha insertado ADN extraño.

Como en el genoma del ratón existen unos 20.000 genes codificadores de proteínas el propósito del Proyecto Ratones Noqueados es el de la creación de, al menos, 20.000 clases diferentes de ratones noqueados en las que cada clase se caracterizará por poseer un gen diferente noqueado o silenciado.

Frecuentemente los noqueados de genes conducen a complicaciones por resultar letales, sobre todo si resultan noqueados genes necesarios para el desarrollo. Sin embargo, los cono-

cimientos actuales han permitido reducir la letalidad embrionaria mediante técnicas que permiten que el noqueado sea un proceso inducible y se realice en los estados ya adultos de los animales.

¿Para qué estas técnicas? Saber cuál es la función precisa de cada gen presente en un genoma es uno de los grandes retos de la Biomedicina actual. Los genes de ratones son notablemente similares a los de los seres humanos, a pesar de que existe una distancia evolutiva de 75 millones de años entre las dos especies. Sin embargo, a diferencia de los seres humanos, los ratones son pequeños, fáciles de obtener y muy fecundos: dos meses después de su nacimiento, un ratón hembra puede producir unos diez ratoncitos nuevos. Como los ratones viven solamente de dos a tres años, ello permite que los investigadores sigan los procesos de las enfermedades desde el comienzo hasta el fin, en un tiempo relativamente corto. La coincidencia genómica entre ratones y humanos es cercana al 98%, por lo que los ratones constituyen un excelente sistema para estudios genómicos con posibles consecuencias humanas: son mamíferos; su desarrollo, fisiología y enfermedades son muy parecidas a las humanas y sobre el genoma de sus células embrionarias se pueden realizar cambios en genes específicos (mutagénesis) por un mecanismo denominado recombinación homóloga, análogo al responsable de que un niño herede parte de las características del genoma del padre y parte del de la madre.

El noqueo o silenciamiento de un gen puede permitir saber más sobre su función, comparando al animal noqueado con otro normal. Ello está arrojando luz sobre la fisiología normal, el desarrollo y la patología en procesos tan importantes como el desarrollo embrionario, el envejecimiento o la naturaleza de ciertos procesos en el cáncer, la diabetes, la obesidad o el alzheimer ya que constituye un sistema valiosísimo para crear modelos animales de enfermedades humanas a fin de estudiar sus características y conocer la acción de fármacos que pueden curarlas.

TECNOLOGÍA • Han pasado 18 años desde que los Nobel de este año crearan en 1989 el primer ratón noqueado, al que se le canceló el funcionamiento de un gen –el que produce la rara enfermedad hereditaria humana *Síndrome de Lesch-Nyhan*– durante la fase embrionaria. Fue en el año 2002 cuando el *Mouse Genome Sequencing Consortium* publicó en la revista NATURE la secuencia completa del genoma de ratón. En el otoño del 2003 se comenzó a hablar de coordinar esfuerzos internacionales y en una revisión del año 2004 de la revista

NATURE se consideraba que se habían noqueado un 10% de los genes de ratón, aunque en muchos casos la utilidad era limitada por problemas de accesibilidad o de falta de buenos estudios fenotípicos.

Actualmente se considera que ya se ha conseguido el silenciamiento de entre 4.000 y 10.000 genes distintos de ratón, pero ha habido solapamiento de esfuerzos y fallos de coordinación que se pretenden resolver con el *Proyecto Ratones Noqueados*.

¿Cómo se consigue el noqueo de un gen? Como hemos indicado antes, con un proceso laborioso. Para ello, por técnicas de ingeniería genética se ha de preparar un gen biotecnológico que posea porciones homólogas y porciones no homólogas con el gen que se desea noquear. Esta construcción genética se transfecta a un cultivo de las células procedentes del interior de un embrión extraído en la etapa primera de desarrollo, denominada blastocisto, y en esa transfección tiene lugar el fenómeno de recombinación homóloga que hace que en algunas células embrionarias el gen insertado se recombine con el gen a noquear, modificándolo y silenciándolo. A continuación se realiza el proceso de selección y cultivo de las células embrionarias con el gen modificado. La fase segunda comienza con las células embrionarias con el gen diana ya modificado, que se inyectan en blastocistos que se implantan en una madre subrogada pseudo-preñada, hasta que se produce el nacimiento de ratones mosaico en los que unas células cuentan con el gen normal y otras con el silenciado. Mediante nuevos apareamientos de los ratones mosaico con ratones normales se pueden seleccionar ratones ya homocigotos respecto al gen noqueado.

De ese modo se han conseguido ratones noqueados diabéticos, enanos, obesos, con neurodegeneraciones semejantes al alzheimer, etcétera. Por otra parte, los avances tecnológicos están haciendo posible introducir mutaciones que puedan activarse a tiempos escogidos, en células específicas, en órganos determinados y, bien durante el desarrollo o bien durante la vida adulta.

FUTURO • El *apuntamiento genético* (“gene targeting”) de creación de ratones noqueados está permitiendo la generación de prácticamente cualquier modificación en el genoma del ratón, lo que sirve de gran ayuda a los científicos para situar el papel de cada gen tanto en la salud como en la enfermedad. Algunos cálculos indican que ya pueden existir cerca de cinco mil modelos animales diferentes de patologías humanas que contemplan múltiples posibilidades: cáncer, enfermedades cardiovasculares; neurodegenerativas,

Otra variante reciente de interés ha sido el logro de la introducción de *interruptores de los genes*, es decir unos reguladores que consiguen que los genes se activen o inactiven ante un determinado fármaco, lo que permite que, por ejemplo, podamos generar la enfermedad en un momento concreto. Numerosas empresas biotecnológicas están dedicando grandes esfuerzos en la obtención de ratones noqueados que ofrecen a los investigadores de todo el mundo, a precios que, a veces, resultan estratosféricos.

POLIAMINAS: UNAS MOLÉCULAS INTRIGANTES

¿QUÉ DENOMINADOR COMÚN SUBYACE BAJO PROCESOS VITALES TAN DIVERSOS COMO LOS QUE SE INDICAN A CONTINUACIÓN? En plantas, diferenciación, floración, maduración y senescencia, resistencia a virus y hongos, regulación de la germinación de semillas o atracción de depredadores contra los insectos que las atacan. En procesos animales y humanos la renovación y reparación de la mucosa gástrica e intestinal, los efectos protectores de la leche materna, la capacitación espermática y fertilización o la respuesta al estrés. Y en patologías, control de la malignización, algunas prostatitis, hematomas, infertilidades, síndrome de Snyder-Robinson, pancreatitis necrotizante, etc.

POLIAMINAS • La respuesta es que en todos esos procesos se encuentran implicadas las moléculas de poliaminas. A pesar de su indudable importancia, por la falta de un conocimiento más preciso sobre sus mecanismos de acción, siguen siendo unas *intrigantes* y *grandes desconocidas* participantes de los procesos propios de los seres vivos. Una de sus incógnitas la ha aclarado recientemente un grupo investigador de la Facultad de Medicina de la Universidad de Murcia.

Las poliaminas están presentes en casi todas las células, a concentraciones importantes, tanto en plantas, animales como microorganismos, siendo un ejemplo magnífico de conservación evolutiva.

Son moléculas de tamaño pequeño, derivadas metabólicamente de ciertos aminoácidos, con un tamaño parecido al de ellos, poseyendo naturaleza policatiónica, con cargas positivas debido a su contenido en grupos amino ionizados.

Sus nombres putrescina, espermidina, espermina o cadaverina son sugerentes y en ocasiones hacen referencia a su presencia en la materia putrefacta, con un olor intenso. En los seres superiores las principales poliaminas son la putrescina (derivada del aminoácido arginina), convertible en espermidina y esta, a su vez, en espermina. En cuanto a la cadaverina se produce a partir del aminoácido lisina. También se conocen otras poliaminas más minoritarias como son agmatina, termina, termospermina, etc.

En todo caso, desde el punto de vista metabólico, es crucial para la síntesis de las poliaminas la descarboxilación (pérdida del grupo ácido carboxilo por eliminación de CO_2) del aminoácido ornitina proceso que está catalizado por una enzima muy curiosa e importante, la ornitina descarboxilasa (ODC).

Una de las regulaciones de la ODC es la de su cantidad, a través de las velocidades de su biosíntesis y catabolismo. Es una de las proteínas conocidas de menor vida, unos 15 minutos. Es decir, que si en un momento dado poseemos una determinado número de moléculas de la enzima, al cabo de una hora hemos perdido el 87,5% de las mismas, cuya reposición exige un intenso trabajo biosintético.

En este contexto las antizimas (AZs) son unas pequeñas proteínas capaces de degradar e inhibir a ODC. Y también se conocen otras moléculas que, a su vez, son inhibidoras de las AZs y las podemos abreviar con las siglas AZIN.

En todo caso, la complejidad de la regulación y de la función de las poliaminas es grande y no es de extrañar que sea un campo muy actual de investigación en el que se acumulan los trabajos y las revisiones. Por ejemplo, desde el año 2000 se han publicado más de un centenar de revisiones científicas sobre el tema en importantes revistas internacionales.

FUNCIONES • A nivel celular y molecular el papel protagonista de las poliaminas es preeminente y su presencia está asociada con los sistemas que regulan y controlan el crecimiento, la multiplicación y la diferenciación de las células, así como con el importante mecanismo conocido como apoptosis (vulgarmente conocido como *suicidio celular*), es decir, que participan prácticamente en toda la fisiología celular.

Concretamente, su carácter de moléculas cargadas facilita las interacciones electrostáticas con grandes moléculas e induce en ellas cambios conformacionales que modifican sus funciones. Así sucede con el ADN, el ARN y la cromatina, es decir, con nuestro genoma y el modo de transmitir su información. Y, en el caso de las proteínas, ello puede influir en la modificación de actividades enzimáticas, la función de receptores celulares, los factores de transcripción (que a su vez regulan la expresión o no de los genes), los canales iónicos que participan en múltiples funciones (transmisión nerviosa, metabolismo celular), las oncoproteínas, etc.

Dependiendo de su naturaleza y concentración las poliaminas pueden incrementar o reducir el estrés oxidativo. En el primer caso por su estímulo de formación de productos citotóxicos favorecedores de la oxidación de lípidos de las membranas celulares, de proteínas y de

cromatina. En el segundo caso por su capacidad de secuestrar radicales libres oxidativos, lo que conduce a una mayor protección frente a ellos y, también, frente a la irradiación.

Otra posibilidad que poseen estas ubicuas moléculas es la de su unión fuerte covalente con una proteína que forma parte de un factor de iniciación de traducción que regula la biosíntesis de proteínas a partir de los ARN mensajeros que llevan la información de ciertos genes. Este mecanismo recibe el nombre de hipusinación debido a que una poliamina concreta, la espermidina transforma a un aminoácido proteínico lisina convirtiéndolo en el aminoácido hipusina.

INCÓGNITA • Hace unos años se postuló en células de mamíferos la existencia de un camino alternativo de formación de la poliamina putrescina mediante la participación de una enzima descarboxilante semejante a la ODC. Sería la ADC que actuaría sobre el aminoácido arginina, descarboxilándolo hasta agmatina que, a su vez, se hidrolizaría produciendo putrescina. También se publicó el posible descubrimiento del gen codificante de esa posible nueva enzima.

La Facultad de Medicina de la Universidad de Murcia cuenta entre sus grupos de investigación el denominado *Poliaminas*, dirigido por el profesor Peñafiel (Departamento de Bioquímica) en colaboración con la profesora Cremades (Departamento Farmacología). Recientemente, se doctoró uno de los componentes del grupo investigador, D. Andrés Joaquín López Contreras, entre cuyos méritos es de destacar sus dos titulaciones de Licenciado en Bioquímica y Licenciado en Medicina con distinciones como La Medalla de oro en el XII Concurso Nacional de Química de la Real Sociedad Española de Química así como el Premio extraordinario de Bioquímica en la Universidad de Murcia y el Premio Extraordinario Nacional de Bioquímica.

Posiblemente una de las metas soñadas de un bioquímico es la de decir “he descubierto una nueva proteína o enzima”. El trabajo del nuevo doctor ha aclarado la incógnita anterior y ha demostrado que el gen comentado codifica realmente a una nueva proteína reguladora, la proteína ODCp que es una inhibidora de antizimas (AZIN2) y poseería una alta relevancia fisiológica en mamíferos, con papeles importantes en la espermatogénesis y la fertilidad masculina.





¿HACIA LA FUENTE DE LA JUVENTUD?

HACE UNOS AÑOS PUBLICÁBAMOS EL ARTÍCULO DIVULGATIVO LAS SIRTUÍNAS, LA LONGEVIDAD Y EL VINO TINTO, consultable en el portal de *Ciencia y salud* del periódico La verdad (http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/8_4_50.html). En él nos hacíamos eco de los esfuerzos infructuosos del conquistador español Juan Ponce de León para alcanzar la fuente de la juventud, que una leyenda india ubicaba en la isla de Bikini, al norte de Cuba. Y a raíz de un trabajo sobre levaduras publicado en la revista NATURE señalábamos que la ciencia comenzaba a vislumbrar que la versión biológica de ese tesoro podría estar relacionada con unos curiosos genes codificadores de una familia de proteínas, las sirtuínas.

Unos años después, una reciente investigación liderada por el Dr. Sinclair, publicada en la prestigiosa revista CELL parece confirmar aquellas predicciones y abrir algunas vías, por ahora con carácter especulativo esperanzador, para procesos tan diversos como aumentar la longevidad, combatir el cáncer o luchar contra el Alzheimer.

SIRTUÍNAS • Son enzimas capaces de eliminar ciertos grupos químicos de las histonas, unas proteínas presentes en nuestro genoma que son esenciales para la arquitectura y funcionalidad del material genético, de modo que de ese modo se regula la expresión o no de una determinada región genética.

Las sirtuínas se descubrieron en la levadura de la cerveza en 1979 y poco después fueron bautizadas con ese nombre derivado de la expresión, en inglés, “Silent Information Regulator”. Los genes correspondientes se han encontrado en toda la escala de los seres vivos y las sirtuínas constituyen una amplia familia de enzimas. Los humanos poseemos 7, desde la SIRT 1 a la SIRT 7 con localización diversa. La SIRT 2 se encuentra en el citoplasma celular y las SIRT 3, 4 y 5 en las mitocondrias. En los últimos años se han aclarado detalles de su implicación en los más importantes procesos celulares y biológicos: supervivencia celular, apoptosis (*suicidio celular*), cáncer, resistencia al estrés, supervivencia placentaria, enfermedades renales, cardíacas, reparación del material genético, replicación del VIH, inflamación, desarrollo, metabolismo energético, sistema nervioso, etcétera. Pero lo que hoy nos interesa destacar

es su papel en el incremento de la longevidad y cómo pueden ser la explicación de un fenómeno conocido desde hace más de 70 años pero cuya bases científica o mecanismo hasta ahora había permanecido en el misterio: el hecho de que en todos los seres vivos estudiados un 30-40% de restricción calórica, es decir, la menor ingesta de alimentos, produce un incremento de su longevidad.

En el proceso están implicadas las mitocondrias, una especie de centrales eléctricas que son los suborgánulos celulares donde se realiza casi todo el consumo molecular del oxígeno que respiramos y los nutrientes finalizan su conversión en energía.

El vino tinto es especialmente rico en reverastrol y hace poco tiempo se demostró que algunos polifenoles presentes en vino, frutas, verduras y aceite de oliva (quercetina, reverastrol y similares) eran activadores de sirtuína. Incluso, lograron mostrar que activan la SIRT1 en células humanas en cultivo. La SIRT1 está relacionada con la ayuda a la reparación del ADN dañado luchando contra la muerte celular. Posiblemente esos hallazgos sean también la explicación de la conocida como *paradoja francesa* debido al efecto protector del vino.

LONGEVIDAD • En esta ocasión, el equipo de investigación dirigido por David Sinclair, en el que participan científicos americanos de la empresa Sirtris Pharmaceuticals de Cambridge y de la Universidad de Harvard, ha trabajado con cultivos de células embrionarias de riñón humano, demostrando que las mitocondrias, generadores de la energía celular, son vitales para el mantenimiento de la salud y longevidad de las células y que SIRT3 y SIRT4 tienen un papel clave en la longevidad de la maquinaria que mantiene la vitalidad de la mitocondria y la célula sana.

¿Qué sucede durante la restricción calórica? El mecanismo se está desentrañando rápidamente. Todo indica que en el citoplasma disminuye la cantidad de la sirtuína SIRT 1, pero una señal activa de dos a 4 veces al gen que expresa a la enzima NAMPT (nicotinamida fosforribosiltransferasa) que es la responsable de la formación de una molécula muy importante en las reacciones energéticas cuya sigla es NAD⁺. Esta molécula participa en las reacciones catalizadas por las sirtuínas y el incremento de su producción a los genes de las sirtuínas mitocondriales SIRT 3 y SIRT 4, o sea que cuando *la célula pasa hambre*, las sirtuínas mitocondriales aumentan y protegen a la célula contra el envejecimiento. ¿Cómo? Las mitocondria se fortalecen, aumenta la salida de energía y el proceso de envejecimiento de la célula se ralentiza en gran medida. En palabras de los investigadores, “Aún no estamos seguros sobre qué mecanis-

mo en particular se activa por el aumento de estos niveles de NAD y como resultado de SIRT3 y SIRT4 pero sí podemos ver que los programas normales de suicidio celular se ven atenuados". En todo caso parece que las sirtuínas mitocondriales evitan el desarrollo de diminutos agujeros (o poros) en las membranas mitocondriales que permitirían a las proteínas que provocan la apoptosis –o muerte celular– filtrarse hacia el resto de la célula.

CONSECUENCIAS • Según el investigador David Sinclair, profesor asistente de patología en la Escuela de Medicina de Harvard. “Creemos que, probablemente, hemos encontrado a los reguladores del envejecimiento”. Si realmente quedase demostrado que la activación de las sirtuínas protege a las células del envejecimiento y de la muerte, ¿cómo conseguir ello en la práctica? Lo más sencillo será el incremento de alimentos que sean ricos en polifenoles estimuladores de las sirtuínas. O el desarrollo de moléculas, como la pequeña SRT501 que incrementa las sirtuínas mitocondriales. El primer ensayo clínico fue finalizado por la empresa Sirtris Pharmaceuticals en junio de 2006 y ya se está investigando para el tratamiento de patologías como la diabetes.

Otra excelente posibilidad es la realización de actividad física de un modo regular ya que según el profesor Sinclair parece ser que “el gen protege a las células y existen crecientes evidencias de que también podría mediar en los beneficios que se consiguen con el ejercicio físico”...

En la actualidad, el laboratorio de Sinclair trabaja en el desarrollo de un *superratón* cuyos genes produjesen elevados niveles de NAMPT para ver si vive más tiempo y es más resistente a las enfermedades que los ratones normales. Ya se están realizando patentes para moléculas activadoras de sirtuína y hay empresas biotecnológicas muy activas en el tema. Es claro que los polifenoles del vino, frutas y verduras tienen varias formas de actuar. Una de ellas resulta en disminución de la arterioesclerosis. Otra, parece llevar a una prolongación de la vida, al menos en células y animales de experimentación.

LA TRIPLE HÉLICE

LA HUMANIDAD PELIGRA. Extraños avistamientos, masivas muertes repentinas y una rara mutación del ADN de las víctimas. La alerta comenzó en mitad del Océano Atlántico, cuando la Armada de los Estados Unidos descubrió que en un barco carguero, tras ocurrir un extraño fenómeno, se había producido una mutación del ADN de sus tripulantes y su muerte. Un grupo de expertos, el *Equipo Rojo*, recibe la misión de descubrir las causas.

Este era el argumento de una serie televisiva americana que, en España, se denominó *Operación Threshold*, emitida por Tele 5 en el verano del año 2006. Tras unos pocos episodios los científicos descubren que una extraña señal acústica emitida por un artefacto alienígena es la que ocasiona una mutación mortal en el ADN en quien la escucha, pasando de ser un ADN de doble hélice a otro de triple hélice.

HÉLICES • Antes de seguir recordemos de un modo simple que todos los seres vivos estamos basados en los ácidos nucleicos y las proteínas. Existen dos grandes familias de ácidos nucleicos, los Ácidos Desoxirribonucleicos (ADN) y los Ácidos Ribonucleicos (ARN). Según el dogma central de la Biología Molecular, sin introducirnos en otras consideraciones, el ADN (los genes) guarda la información, la herencia, que se va **transcribiendo** parcialmente en forma de ARNs, que sirven de molde para construir las diversas proteínas y enzimas que controlan todo el metabolismo y vida celular. Cuando existe complementariedad en la composición secuencial de las respectivas ramas, dos ramas de ADN, dos de ARN o, una de ADN y otra de ARN, tienden a formar asociaciones helicoidales de dos ramas semejantes a una cuerda formada por dos hebras enrolladas entre sí.

¿Sería posible que nuestro material genético pueda, de alguna forma, organizarse en forma de triple hélice, en lugar del clásico esquema de la doble hélice de los premios Nobel Watson y Crick cuyo modelo sirvió, en 1953, como punto de partida del inicio de las modernas Biología y Genética moleculares? ¿Y que ello sirviese no para aniquilar a la humanidad sino para luchar contra alguno de sus grandes males? Más aún, si existiera esa alternativa, una triple hélice, ¿podría ello ser útil para la creación de nuevas formas de vida, de materia capaz

de autoorganizarse, metabolizarse, crecer, reproducirse y evolucionar? Mejor todavía, esas hipotéticas triples hélices ¿podrían ayudarnos a entender mejor cómo se inició la vida sobre la Tierra? Y en términos de utilidad práctica, ¿ayudaría ello al diseño y obtención de medicamentos específicos que actúen sobre genes determinados y, por ello, fuesen útiles para la lucha contra las enfermedades?

Algunos científicos responden afirmativamente a esas preguntas, entre ellos el grupo dirigido por Peter E. Nielsen, investigador del PANUM INSTITUTE, de la Universidad de Copenhague, en Dinamarca, quien desde hace más de 15 años viene investigando sobre esta posibilidad con recientes avances muy significativos. En una ceremonia que tuvo lugar hace unos pocos años en el Instituto Curie, recibió el Premio Jeanne Loubaresse-Instituto Curie, dotado con 60.000 euros, por su obtención de las moléculas conocidas como PNA (del inglés Polyamide Nucleic Acids), moléculas químicas que se ordenan como triples hélices, compuestas de material genético y de proteínas. Su identidad dual les hace exhibir algunas propiedades de las proteínas y otras de los ácidos nucleicos con la posibilidad de poder introducirse en el interior de las células y, allí, enlazarse en regiones específicas (genes concretos) del ADN celular. El premio recompensa los descubrimientos europeos que mejor contribuyan a la prevención, diagnóstico o tratamiento del cáncer.

LA HISTORIA • Los propios genes o algún problema en el complejo mecanismo biológico del proceso de transmisión de su información favorecen, inducen o provocan un sinnúmero de patologías. Para corregirlo los científicos pensaron en la utilidad de una aproximación terapéutica conocida como *antisentido*. El material genético en el transcurso de sus funciones frecuentemente está en forma de hebra sencilla pero en presencia de hebras complementarias tendería a bloquearse con la formación de una hélice dúplex. Eso abriría la posibilidad de bloquear secciones específicas de ADN o de ARN siempre que se contase con el material complementario adecuado para formar la doble hélice. Este tipo de terapias antisentido están comenzando ya a ser una realidad práctica.

Al inicio de la pasada década de los 90 el grupo del Dr. Nielsen se interesó en ese tema. Una de las dificultades es intentarlo sobre ADNs que ya estén en forma de doble hélice ya que la hebra complementaria cubre y protege la zona de la hebra del ADN sobre la que se quiere actuar. Pero los científicos ya habían descubierto el papel de ciertas proteínas (factores de transcripción) para ayudar a desplegar la doble hélice y permitir la transcripción o

paso de la información desde una zona del ADN a moléculas de ARN. En 1957, 4 años tras el descubrimiento de la doble hélice, los investigadores Felsenfeld, Rich y Davies del National Institute of Mental Health habían sido capaces de crear ciertas estructuras triple hélice con tres hebras de ADN. Y, pocos años después, otros científicos comprobaron que porciones de longitud 15 bases (nucleótidos) de estos tríplex eran capaces de reconocer secuencias sobre el ADN de doble hélice y enlazarse selectivamente en determinados lugares del mismo.

Ya sólo faltaba unir las dos ideas, porciones de triple hélice y participación de proteínas, para llegar a las moléculas PNA del Dr. Nielsen.

APLICACIONES • La obtención y aplicación los tríplex de PNA necesita de un gran dominio químico y biológico. Las PNA han mostrado posibilidades para activar o reprimir la transcripción, la replicación del ADN, o la reparación de algunos genes y ya se han realizado algunas experiencias sobre animales. Por ejemplo, hace un año, Matthew Wood de la Universidad of Oxford inyectó cierto PNA en ratones con distrofia muscular induciéndoles un incremento muscular de la proteína distrofina, cuya ausencia provoca la distrofia muscular. La razón es que el PNA bloqueaba un *sector malo* del gen de la distrofina pero permite la función del resto del *gen bueno*, que era suficiente para que la distrofina fuese funcional.

Por otra parte los PNA son moléculas portadoras de información y se cree que pronto se encontrarán PNA con capacidades catalíticas. Ello hace que se especule sobre su posible papel en el inicio de las formas más primitivas de vida al comienzo de la evolución, así como en su potencialidad para crear formas artificiales de vida en el laboratorio basadas en los PNA. Cómo dice su descubridor, el Dr. Nielsen, sólo han transcurrido 15 años tras su descubrimiento y es de esperar que en los próximos 15 años aprendamos mucho más de estas prometedoras moléculas.

DINOSAURIOS CON SUERTE

LA PRIMERA ACEPCIÓN DE LA PALABRA CIENCIA EN EL DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ES ATEMPORAL: conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales. Esa observación y razonamiento se pueden realizar respecto a hechos actuales, previsibles futuros o pasados. En este último caso las deducciones que se obtengan pueden corregir la interpretación existente hecha con anterioridad, realizada sin una base científica. Hoy vamos a relatar brevemente una de estas correcciones que ha visto la luz muy recientemente como consecuencia de la publicación de una interesante investigación.

DINOSAURIOS • El hombre habita la Tierra desde hace unos tres millones de años. Por ello, en la historia natural del planeta la de los dinosaurios ha sido, posiblemente, la forma de vida con más éxito, ya que, antes de extinguirse, hace unos 65 millones de años, dominaron la vida de la tierra por más de 150 millones de años, conquistando prácticamente todos los rincones del globo, favorecidos por el hecho de que los continentes estaban aún unidos entre sí, formando una entidad única conocida con el nombre de *Pangea*. Para que los dinosaurios comenzasen a extinguirse según las versiones más sustentadas, hizo falta que ocurriese el tremendo impacto sobre la superficie terrestre de un gran meteorito de unos 10 km. de diámetro.

Ha sido y sigue siendo un lugar común atribuir el éxito evolutivo de los dinosaurios a su superioridad. La ciencia nos dice ahora que no, que la razón pudo ser simplemente la suerte, la casualidad. Recordemos que el escritor romano Publio Sirio (85 a.C.-43 a. C.) en sus *SENTENCIAS* ya decía que “El que cree en su valor debe todo a la suerte”, lo que parece plenamente aplicable al caso del largo reinado de los dinosaurios sobre la Tierra. Así lo afirmaban, en un artículo publicado en año 2008 en la revista *SCIENCE* los investigadores neoyorquinos Stephen L. Brusatte, Michael J. Benton, Marcello Ruta y Graeme T. Lloyd.

La palabra dinosaurio proviene de las griegas *deinos* y *sauros*, es decir, lagartos (o dragones) terribles ya que sus prototipos eran esos clásicos enormes reptiles terrestres Sin embargo, no todos los dinosaurios eran gigantes, y los había más pequeños, con longitudes de unos

70 cm. Su variabilidad fue enorme, con formas herbívoras y carnívoras, las primeras, generalmente, andaban a cuatro patas, mientras que las segundas, eran bípedas, es decir, que se trasladaban con las dos patas posteriores, mucho más desarrolladas.

Aunque, partiendo de los fósiles encontrados, hasta ahora se han catalogado unos 920 géneros con unas 1.500 especies, estas cifras no son representativas y las reales deben ser muy superiores dados los 165 millones de años que duraron los dinosaurios. ¿Por qué tanto éxito, tanta diversidad, tantos tamaños? La mayoría de los expertos pensaban que debieron poseer alguna característica que les ayudase en la evolución competitiva con otros vertebrados.

COMPETICIÓN • Los competidores más próximos de los dinosaurios, sus *primos evolutivos* eran los otros componentes, junto con ellos, del grupo Arcosaurio, es decir los *crurotarsos*, un gran grupo de animales parecidos a los cocodrilos. A diferencia de los cocodrilos actuales los crurotarsos eran muy diversos, con variedades bípedas, cuadrúpedas, omnívoras, herbívoras, carnívoras, etc., con diversas apariencias, incluyendo algunas muy semejantes a la de los propios dinosaurios. Como dinosaurios y crurotarsos, aparte de parecidos, fueron contemporáneos entre sí durante unos 60 millones de años, durante el periodo Triásico (251 a 199 millones de años atrás), forzosamente existió una gran competencia entre ellos por los recursos disponibles.

Los investigadores, basándose en todos los registros fósiles disponibles han analizado en dinosaurios y crurotarsos más de 500 características concretas de sus esqueletos, incluyendo las encontradas en una nueva familia hallada del grupo Arcosaurio y han cuantificado dos hechos diferentes: a) La velocidad o ritmo evolutivo; b) El grado de disparidad morfológica.

Si los dinosaurios, como se suponía hasta ahora, eran *superiores* a sus cercanos competidores deberían haber evolucionado más rápidamente que aquellos. En cuanto a la segunda característica lo lógico es que el grado de su disparidad morfológica también fuese más alto. ¿Han sido estos los resultados?

En absoluto. No se ha comprobado ninguna diferencia entre las velocidades evolutivas de dinosaurios y crurotarsos. Más aún, éstos desarrollaron una mayor disparidad morfológica que aquellos, con mayor número de formas corporales, dietas y formas de vida. Anteriormente los expertos ya sabían que los crurotarsos fueron más abundantes (número de individuos y fósiles) en muchos ecosistemas Triásicos estudiados, así como mucho más diversos (número de especies).

Entonces, si hace unos 210 millones de años los crurotarsos dominaban los ecosistemas, ¿cómo explicar la supervivencia posterior durante millones de años de los dinosaurios sobre aquellos?

SUERTE • Steve Brusatte, que ha sido el director de la investigación comentada, lo resuelve claramente. Los dinosaurios contaron con la suerte por partida doble, en dos ocasiones en las que ocurrieron extinciones masivas de la vida terrestre.

Al final del Triásico se produjo la conocida como extinción masiva del Triásico-Jurásico. Se extinguieron los conodontos y reptiles placodontos y desaparecieron el 20% de animales marinos, aunque muchos de esos grupos se recuperaron posteriormente en el Jurásico. En cuanto a los organismos terrestres quedaron incluidos en la extinción la mayoría de los géneros de reptiles mamiferoides y grandes anfibios.

Las evidencias fósiles existente sugieren que hubo dos pulsos de extinción triásica, uno anterior y otro al final del período. La primera ocasión fue hace unos 228 millones de años, durante el conocido como *episodio Carniano-Noriano*. La suerte acompañó a los dinosaurios, pero también a los crurotarsos y ambos sobrevivieron, quedando eliminados muchos otros grupos competidores potenciales. Pero 28 millones de años después, hace 200 millones de años, se produjo otra súbita, mayor y catastrófica extinción ocasionada por un rápido cambio climático, facilitado posiblemente por un impacto de un asteroide. Lo cierto es que, extraña y súbitamente, todos los crurotarsos, excepto algunas líneas de cocodrilos, se extinguieron, mientras no ocurrió lo mismo con los dinosaurios, cuya suerte, debida a factores que desconocemos, hizo que sobrevivieran a sus anchas durante el inicio del Jurásico. Así, se establecieron como la especie vertebrada dominante mundial hasta que hace unos 65 millones de años, posiblemente debido a las consecuencias de otra colisión con un asteroide y los cambios climáticos y atmosféricos subsiguientes, se inició su extinción definitiva.

LOS SNIPS Y LA SINGULARIDAD VASCA

LA REVISTA SCIENCE EN FEBRERO DEL 2008 publicaba los resultados de una gran investigación que podría representar los primeros frutos de un gran proyecto aún incipiente, el *Proyecto de la Diversidad del Genoma Humano* (PDGH). ¿Qué es el PDGH y cuáles son sus primeros resultados? Intentaremos exponer la situación del modo más claro posible.

PDGH • Se trata de gran un esfuerzo internacional, bajo los auspicios de la *Human Genome Organization* (HUGO). Su propósito general es el de conseguir una definición precisa de los orígenes de las diferentes poblaciones mundiales (hay catalogados unos 500 grupos humanos diferentes) integrando los conocimientos genéticos mediante la aplicación de las nuevas técnicas genéticas pero siempre con la colaboración de la historia, la antropología y el lenguaje.

Ello se concreta con tareas como las de recolectar, preservar, analizar y publicar la información genética y etnográfica de las poblaciones representativas de todo el mundo, es decir pretendiendo comprender la diversidad y la unidad de todas las especies humanas. El Proyecto PGDH coleccionará muestras de ADN e información etnográfica de comunidades de todo el mundo, corrigiendo así la tendencia actual de concentrar la investigación de la genética humana en personas de ascendencia europea. Las muestras se preservarán en repositorios donde estarán a disposición de todos los investigadores calificados. Las muestras se analizarán, y los resultados de estos análisis se publicarán en bases de datos computarizadas de amplia difusión.

La Universidad de Stanford y su Instituto Morrison de estudios de poblaciones y recursos patrocinan el proyecto al que contribuyen laboratorios de todo el mundo con líneas celulares que han estudiado depositándolas para su mantenimiento en el *Centro de Estudios de Polimorfismos Humanos* (CEPH), ubicado en París, una importantísima institución cuya creación auspició el Premio Nobel francés Dausset, una de cuyas discípulas predilectas es la Dra. Rocío Álvarez, directora del Servicio de Inmunología del Hospital Virgen de la Arrixaca de Murcia. El ADN de esas células está disponible, al coste, para cualquier laboratorio del mundo

que desee utilizarlos sin fines de lucro. Actualmente se han estudiado y se conservan ya más de 1.000 líneas celulares humanas procedentes de 51 grupos de población del mundo.

ORGANIZACIÓN • El Proyecto está organizado en base a comités regionales, coordinados por un comité ejecutivo internacional y los investigadores han de acatar una serie de estrictos protocolos al respecto. Así, las muestras deben tomarse solamente con el pleno consentimiento, cooperación y participación de los individuos muestreados y aunque ello requiera información especializada y ajustada sobre las poblaciones estudiadas y pueda necesitar mucho tiempo, deberá ponerse gran empeño en tratar a las poblaciones como socios de la empresa científica, más que como objetos de la misma.

Tal vez no exista otro proyecto científico que tenga la capacidad de afectar tantas vidas y mentes. Por ello, este alcance del Proyecto es una de las cosas que hacen aun más crucial que se realice en conformidad con las normas éticas más altas.

Los resultados que se obtengan deberán conducir a adelantos en la comprensión de la evolución biológica y la historia de nuestra especie y, otras consecuencias no menos importantes serán la comprensión y el tratamiento de muchas enfermedades con componentes genéticos. En particular se combinan en el Proyecto la antropología, la genética y la biología molecular con el fin de llegar a un público enorme, en todo el mundo. Por ello interesará a una alta proporción de seres humanos, a los que les preocupa los orígenes, la historia, los idiomas, las culturas, la medicina y otra serie de temas.

RESULTADOS • Las investigaciones actuales sobre el material genético son muy diversas. Entre ellas destacan las que estudian las pequeñas variaciones *normales* en nuestras secuencias genéticas llamadas poliformismos singulares de nucleótido o SNP (que por su siglas en inglés se pronuncia snip).

Aunque los seres humanos compartimos un 99.9 por ciento de nuestro ADN, poseemos unos 10 millones de snips que supuestamente estarían relacionadas con la evolución y diversidad humana y con la mayor resistencia o susceptibilidad a enfermedades y medicamentos. Un proyecto, el HapMap encontró el modo de buscar estas variaciones en conjuntos de genes llamados haplotipos (de ahí el nombre del proyecto), lo que redujo la búsqueda a 300 mil posibilidades. A finales del año 2005 se publicó un primer gran resumen del HapMap.

La industria farmacéutica y médica está particularmente interesada en los snip, porque permitirían desarrollar la *medicina personalizada* del futuro; por ejemplo, drogas específicas, según la identidad genética de cada individuo. Pero los snips nos pueden dar también valiosa información sobre la diversidad humana. Por ejemplo, la publicación en la revista SCIENCE en el 2008 del trabajo *Worldwide Human Relationships Inferred from Genome-Wide Patterns of Variation*, realizado por investigadores americanos de Stanford y franceses del CEPH supuso el mayor estudio hasta ahora realizado, con 650.000 snips presentes en 938 individuos de 51 grupos diferentes de poblaciones humanas.

Este grado de particularización ya permite obtener cierto conocimiento sobre la evolución de poblaciones humanas modernas en pequeñas áreas geográficas así como reconstruir su dispersión inicial por el mundo. Por ejemplo, los investigadores fueron capaces de desenredar las ascendencias genéticas de ocho grupos europeos diferentes y cuatro grupos en Oriente Medio y su conjunto de datos también respalda el modelo *salido de África* para la dispersión de los primeros humanos, quienes colonizaron el resto del mundo de manera escalonada tras dejar África.

Y, un dato que puede interesarnos. Entre los 51 grupos característicos investigados figuraba el vasco. ¿Con qué otros grupos guarda más similitud? En este caso la ciencia ha sido precisa y determinante: entre los grupos estudiados, son extremadamente parecidos entre sí, con muy pocas diferencias entre ellos, los vascos, italianos, franceses, rusos, sardos y orcadianos (islas escocesas de Orkney); después se sitúan los rusos y, más alejados los adygei (rusos caucásicos), mientras que el resto de poblaciones guardan mucha menos relación con la vasca que, por tanto, es una más entre las europeas.

En realidad, ello no hace sino confirmar otros datos científicos conocidos hace unos años (véase http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/8_5_35.html). La singularidad racial vasca no existe. El origen de vascos y resto de europeos es común. Lo que sucede es que mientras muchos europeos fueron más móviles y emigraron en el pasado hasta sus localizaciones actuales, los vascos, más inmóviles permanecieron en su territorio, siendo meritorio el hecho de la conservación de sus tradiciones y lengua. Pero los que se atribuyen la singularidad de vascos puros y diferentes, científicamente no andan muy acertados.





OJOS AZULES

LOS OJOS AZULES SIEMPRE HAN EJERCIDO UNA EXTRAÑA FASCINACIÓN. Lo demuestran coplas populares como las recogidas por Melchor de Palau (1843-1910) “Ojos azules tenía / la niña que me engañó / ojos de color de cielo / ¡mira tú si fue traición!” o como la de “Ojos verdes son traidores / los azules embusteros / y los acastañaditos fieles y verdaderos”.

Asimismo en bastantes y bellas leyendas suramericanas con dramáticas muertes de bellísimas jóvenes de ojos azules, como la colombiana LA MADRE DE AGUA: “Es como una ninfa de las aguas, ...de ojos azules”, o LA FLOR DE AGUAPÉ: “...sus flores, que surgen de entre el tupido follaje como racimos de estrellas celestes aliladas, como celestes eran los hermosos ojos de María del Pilar...” o la argentina LEYENDA DEL JACARANDÁ: “...ojos de su hija lo miraban desde todas y cada una de las azules flores del jacarandá...”.

Unas preguntas inmediatas: ¿han existido siempre los ojos azules?; ¿cuál es la causa de los ojos azules, productores de miradas cinematográficas tan fascinantes como las de Paul Newman o Greta Garbo?

Desde hace unos días conocemos bastante más sobre la ciencia de este tema.

MELANINA • El color normal de la piel humana, el cabello y los ojos se debe a la pigmentación o formación de los pigmentos melaninas en los melanosomas, unas estructuras subcelulares características de ciertas células, los melanocitos.

El complejo fenómeno de la melanización está modulado por muchos genes. Hace poco tiempo tuvo relevancia el caso del gen MC1R, porque una mutación del mismo se había encontrado en muestras de neandertales.

Pero el gen MC1R es sólo una pieza más del rompecabezas. En un artículo publicado recientemente en la revista NATURE GENETICS se resume la existencia de diversos genes cuyas variaciones (polimorfismos) actúan en conjunto para determinar el color en cada individuo. Sus actividades modulan la producción de diferentes melaninas las que producen el color final de la piel, el cabello o el iris ocular lo que se corresponde con la enorme gama de tonos de pigmentación observada en la especie humana.

Las variantes específicas de estos genes, hereditarias, determinan el número, tamaño y forma de los melanosomas, así como la variedad de melanina producida.

Algunos de los genes implicados en la pigmentación humana, aparte del MC1R, son los EXOC2, IRF4, KITLG, OCA2, SLC24A4, SLC24A5, SLC45A2, TYR, etc. De entre ellos, el OCA2 es el de mayor protagonismo pues ciertas mutaciones en el mismo (de entre las más de 60 localizadas) ocasionan el albinismo (<http://ghr.nlm.nih.gov/gene=OCA2>).

OJOS AZULES • El color de los ojos es el de su iris. El iris posee dos tipos principales de células con el pigmento melanina: a) células epiteliales pigmentadas de la superficie posterior del iris; b) melanocitos localizados en la superficie anterior del iris y dentro del estroma del iris.

El color del iris proviene precisamente de la síntesis de melanina dentro de los melanocitos en el estroma del iris. La cantidad de melanocitos es similar en ojos azules y marrones, siendo la variable principal la cantidad de melanina dentro de los melanocitos, de modo que cuánto más melanina contienen los melanocitos más oscuro es el color del iris. Los niños caucásicos al nacer, generalmente, tienen el iris azulado y se va oscureciendo con el tiempo conforme se acumula más melanina en los melanocitos.

La cantidad de melanina es regulada por el gen OCA2, dentro del espectro entre el marrón –el color predefinido para el ser humano– y el verde, pero nunca para el azul. Los melanocitos de los iris correspondientes al color azul tienen menos pigmento que los del iris marrones y lo que sucede es que por ellos, poco pigmentados, pasa la luz y es absorbida por el epitelio pigmentado subyacente. Lo que se refleja detrás es la longitud de onda más corta, la de la luz azul, lo que da al iris un aspecto azul.

HERC2 • En una conferencia de prensa hace unos días el profesor Hans Eiberg, del departamento de Medicina Molecular y Celular de la Universidad de Copenhague, explicaba al público el resultado de las investigaciones de su equipo, publicadas en la revista NATURE GENETIC, sobre el origen de los ojos azules. En resumen:

La investigación duró 12 años y “comenzó estudiando cincuenta genes distintos” en busca de una explicación. “La gran sorpresa fue encontrar la causa de todo en un sólo gen”.

Se investigó genéticamente a 155 individuos de una extensa familia danesa, en la que

los ojos azules son frecuentes, así como a otras personas de ojos azules de origen turco y jordano.

La primera conclusión es que originalmente todos los humanos poseían ojos pardos o marrones.

A lo largo de la historia se produjo en una persona una mutación en un lugar concreto del cromosoma cambiando la base A (Adenina) por la G (guanina).

La mutación se produjo en el gen *HERC2*, en una zona que aunque no pertenece físicamente al gen *OCA2* actúa como una especie de interruptor de este gen, provocando su inactivación y, con ello, una menor producción de melanina.

Todas las personas con ojos azules portan esa misma mutación y los genes próximos a ella presentan muy pocas variaciones lo que indica que el origen de la mutación es relativamente reciente: entre hace 6.000 y 10.000 años, ubicada posiblemente en la zona caucásica desde donde la población agrícola comenzó a emigrar hacia el norte y llegó a Europa.

Al ser un gen recesivo, no fue hasta varias generaciones después cuando nació una persona con los ojos azules, lo que redujo en los *nuevos mutantes* el riesgo degenerativo de la endogamia.

“No es una mutación positiva ni negativa”, se explica en la investigación, “y no reduce ni aumenta las posibilidades de supervivencia”.

Hoy en día existen más de 150 millones de personas con este color de ojos, hecho demostrativo del éxito genético que obtuvo la nueva tonalidad, y que su posesión, originalmente exclusiva de la raza caucásica, ha trascendido gracias al mestizaje. Una reciente encuesta demostró que más del 50 por ciento de la gente se siente más atraída por el color azul.

Este es un caso moderado de consecuencias de la mutación ya que otras mutaciones más radicales inhiben totalmente la acción del *OCA2* y tienen como consecuencia el albinismo.

Por tanto, la única leve diferencia responsable de que una persona tenga los ojos azules o marrones consiste en un diminuto cambio en el genoma, un cambio de una sola base entre los tres mil millones existentes.

Con bastante sentido del humor el profesor Eiberg ha declarado que ahora “Hay muchos investigadores interesados en estos momentos en el color azul, así que ahora intentaré entender mejor los ojos verdes”.

*Biociencias.
Mininoticias*

VOLAR • El Dr. Stone, investigador de la Universidad de Sheffield, con la ayuda de modelos simples cerebrales (redes neuronales artificiales) y simulaciones informáticas, ha descubierto la causa por la que los pájaros y otras aves aprenden a volar tan rápidamente. Como se publicó en PLOS COMPUTATIONAL BIOLOGY la razón estriba en información heredada de sus progenitores que favorece la formación de una memoria latente propia que facilita su aprendizaje.

PANSPERMIA • La revista International JOURNAL OF ASTROBIOLOGY publicó un artículo del profesor Chandra Wickramasinghe y sus colegas de la Cardiff University sobre sus análisis de los cometas que les llevaron a la conclusión de que el origen de la vida en la Tierra tuvo lugar a partir de material procedente del espacio, con una probabilidad un trillón de veces superior a la de su aparición individual sobre la Tierra.

MENAGE A TROIS • En los sistemas biológicos siempre podemos hallar soluciones imaginativas. Investigadores americanos han encontrado lo que, según del Dr. Heitman, investigador del Duke University Medical Center, es un fascinante ejemplo de *menage a trois*. Se trata de un caso de simbiosis colaborativa triple: virus-hongo-planta. La *planta* es una hierba que crece en las zonas áridas del Parque Nacional de Yellowstone, pudiendo sobrevivir en suelos a temperaturas de 65 °C gracias a un *hongo* (*Curvularia protuberata*) que le confiere la tolerancia térmica mediante un ARN necesario que le es suministrado al hongo por un *virus* (CThTV).

ARABIDOPSIS • Investigadores españoles que han descubierto los mecanismos moleculares de la hormona vegetal de defensa jasmonato han trabajado con la pequeña planta, *Arabidopsis thaliana*, una crucifera sin valor comercial, pariente cercano del rábano, la col, la colza, la mostaza y el alheli. Arabidopsis es fácilmente manejable en el laboratorio y es muy prolífica, produce hasta ocho generaciones al año poseyendo uno de los genomas más pequeños del reino vegetal, que ha sido totalmente secuenciado. Aunque se ha dicho que *Arabidopsis* es la *Drosophila* de las plantas, las publicaciones científicas sobre ella superan en número a las de la mosca del vinagre, existiendo en el mundo más de 13.000 investigadores que la utilizan como base para sus trabajos.

CÁNCER • En julio del 2007 se descubrió una posible actividad antitumoral ejercida por la hormona vegetal jasmonato en animales experimentales. Por ello, la comprensión del mecanismo de acción de esta fitohormona en las plantas podría tener importantes repercusiones en la investigación y terapia del cáncer. Recordemos que el jasmonato es muy similar en estructura y mecanismos biosintéticos a las prostaglandinas animales, hormonas que intervienen en la respuesta inflamatoria, la contracción muscular y la regulación de la temperatura corporal.

MITOLOGÍA • Según la mitología inca, el dios creador Viracocha, sacó del lago Titicaca el sol, la luna y las estrellas y fueron sus dos hijos los encargados de estudiar y clasificar todas las plantas que crecían. Ellos enseñaron a la gente a sembrar y a usar los cultivos para que nunca les faltaran alimentos, entre ellos, preferentemente, la patata. Actualmente la variedad más cultivada en el mundo es la *Solanum tuberosum*.

HAMBRE • La patata puede ser un importante elemento para luchar contra el hambre dada su idoneidad para cultivarse donde la tierra es limitada y la mano de obra abundante, condiciones que caracterizan a una gran parte del mundo en desarrollo aparte de que produce un alimento más nutritivo en menos tiempo, con menos tierra y en climas más difíciles que cualquier otro cultivo importante. Hasta un 85% de la planta es comestible para las personas, en comparación con el 50% en el caso de los cereales. Desde la década de 1990, se ha producido un espectacular aumento de la producción y la demanda de papa en Asia, África y América Latina. Actualmente, China se ha convertido en el primer productor mundial de papa, y casi una tercera parte de todas las papas se cosechan en la actualidad en China y la India.

PERÚ • Perú, origen de las patatas cuenta con muchas variedades tradicionales de las mismas: la pacachán, con piel y pulpa de color púrpura; la tomasa, una papa de ojos morados, parecida a la yungay; la amarilla, indicada para puré, si rehierve en exceso o se pincha, revienta; la colorada, que también se da en las Islas Canarias; la tarmeña con pulpa de color crema; la huamatanga, que para muchos es la estrella de las papas; la negra, que es harinosa y ligeramente dulce; la perricholi, muy indicada para freír, etc., etc.

RANA • Desde Indonesia, de la remota región de Kalimantan, en Borneo, llegan las interesantes noticias del hallazgo, por primera vez, de una rana (*Barbourula kalimantanensis*) desprovista de pulmones, capaz de captar el oxígeno necesario para la vida *a través de la piel*. El artículo se publicó en la revista CURRENT BIOLOGY (abril 2008). Previamente se conocía el caso de las salamandras, las únicas criaturas conocidas de cuatro extremidades (tetrápodos) carentes de pulmones.

CALVICIE • Estudiando ciertas razas de perros que sufren la enfermedad hereditaria conocida como displasia ectodérmica canina un grupo internacional de investigadores europeos ha identificado al gen responsable de la pérdida de pelo que se produce como consecuencia de la enfermedad: se trata de un miembro hasta ahora no caracterizado de la familia de factores de transcripción FOXI3, que se expresa específicamente durante el desarrollo de dientes y cabello y que se encuentra mutado en el caso de la patología comentada. Un paso más en la comprensión de los factores biológicos relacionados con la calvicie.

GENITALES • La hembra de la hiena moteada posee unos de los genitales más extraordinarios de todo el reino animal. Las hembras de esta especie (no las de otras) han desarrollado unos genitales externos muy parecidos a los de un macho. El clítoris mide entre 15 y 20 cm, y tiene aspecto de pene y los labios de la vulva están soldados y rellenos de una sustancia grasa, dando el aspecto de una bolsa. Durante muchos años se ha intentado explicar ello como una adaptación evolutiva. Actualmente, la explicación sería otra. Se trata de una mutación que se logró extender a todas las hienas de esa especie, por azar o por hallarse ligada a otros caracteres ventajosos. La mutación consiste en un incorrecto funcionamiento del gen de la enzima aromatasa. Esta enzima degrada la testosterona que la placenta produce de forma natural en todos los mamíferos durante la gestación. El efecto es que los fetos femeninos se ven afectados por la testosterona a niveles anormalmente altos, y desarrollan ese pseudohermafroditismo.

PECES SIN FRÍO • Algunos peces nototenoideos, habitan el Océano Antártico y pueden soportar temperaturas que congelarían literalmente a cualquier otro pez. Su capacidad

para vivir en el frío extremo es extraordinaria, por lo que suponen más del 90 por ciento de la biomasa de peces en el Océano Antártico. Para encontrar las causas de ello se ha realizado un estudio genómico de los mismos, particularmente de los genes que codifican a sus *proteínas anticongelantes*. También se investiga su adaptación al cambio climático pues si estos peces comienzan a morir por culpa de una temperatura excesiva del agua, toda la red alimentaria antártica se vería afectada de manera dramática.

AVES MIGRATORIAS • Se sospechaba que el campo magnético terrestre servía de guía a las aves migratorias. ¿Cómo pueden *verlo*, *interpretarlo*? Científicos alemanes de la Universidad de Oldenburg ha aportado nuevos datos sobre el papel principal que juegan los *cryptochromos*, unas moléculas presentes en las neuronas retinales de las aves migratorias, con claros datos neuroanatómicos sobre las vías cerebrales involucradas en el procesado de la información procedente de la percepción magnética a través de su sistema visual.

ESFUERZO • Los resultados científicos suelen ser la consecuencia del esfuerzo de años y de la colaboración entre investigadores. Un ejemplo de ello es el del descubrimiento de los mecanismos de la actuación de la fitohormona jasmonato. El artículo correspondiente, de investigadores españoles, fue firmado por 5 investigadores pertenecientes al Departamento de Genética Molecular de Plantas, 4 a la unidad de Genómica (ambas del Centro Nacional de Biotecnología de Madrid) y 3 a la División de Genética e Instituto de Bioingeniería de la UMH de Elche.

ALIMENTACIÓN MATERNA • Se acepta que el desarrollo intelectual de un niño está influenciado tanto por factores ambientales como genéticos. En concreto se considera que los ácidos grasos específicos presentes en la lactancia materna son la causa de que los niños alimentados con leche materna presenten coeficientes de inteligencia superiores a los de los niños con otras alternativas alimenticias. Un estudio publicado por la revista NATURE, dirigido por el Dr. Avshalom Caspi, ha encontrado que un gen involucrado en la modificación de los ácidos grasos de la dieta, FADS2, modera la asociación entre lactancia materna y coeficiente de inteligencia.

GRUPOS • Tomando como base a la prestigiosa escuela española de Biología del Desarrollo, actualmente el Centro Andaluz de Biología del Desarrollo ampara a una veintena de grupos investigadores jóvenes y dinámicos trabajando en desarrollo de ratón, pez cebra, *Xenopus*, *Drosophila* y *Caenorhabditis*. En el CABD también existen grupos estudiando control del ciclo celular en levaduras, regulación génica en bacterias y estrés oxidativo.

ANTICONCEPTIVOS Y ATRACCIÓN • Una investigación publicada en la revista PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY señala que las preferencias sexuales de las mujeres pueden cambiar como consecuencia de su uso de anticonceptivos orales. Las mujeres, normalmente se sienten más atraídas por los hombres cuyos genes MHC (complejo mayor de histocompatibilidad, relacionado con las respuestas inmunológicas) difieren más de los propios (ello es una ventaja evolutiva para la descendencia, que tendrá un mejor y variado sistema inmune). Sin embargo, el consumo de los anticonceptivos orales produce que sus preferencias cambien hacia personas con genes MHC semejantes a los propios.

OLOR A MAR • ¿Podrá ser atrapado, embotellado y comercializado el *olor a mar*? El profesor Andrew Johnston y su equipo de la Universidad de East Anglia aislaron unas nuevas bacterias *marinomonas* en los lodos de las salinas de Stiffkey, y, según publicaron en la revista SCIENCE, pudieron identificar en ellas al gen responsable de la emisión y producción de un gas fuertemente oloroso, causante de esta percepción olfativa: el dimetil sulfuro (DMS), con olor agradable y efecto tónico-estimulante en los seres humanos (concentraciones de algunas partes por billón), pero desagradable en concentraciones altas. El DMS es también quien atrae a los cerdos en la detección de trufas y sirve para que las aves señalicen las fuentes de alimento cuando sobrevuelan los océanos.

MATRIMONIOS • ¿Cuál es la mejor diferencia de edad para un matrimonio? Ahora que las famosas implantan la moda de tener como parejas a varones muy jóvenes, una investigación de científicos ecologistas finlandeses de la Universidad de Turku demostraba, a finales del 2007, que, al menos dentro del grupo finés preindustrial Sami, la mejor diferencia de edad corresponde a que el varón sea 15 años mayor que la mujer ya que así se maximiza la vida

media de su éxito reproductivo, es decir, el número de descendientes que sobreviven la edad de 18 años.

GEN DE LA GENEROSIDAD • Un estudio israelita publicado en GENES, BRAIN AND BEHAVIOR sugiere que la generosidad está ligada a los genes. Un total de 203 personas participaron en una prueba a través de Internet y cada una de ellas tenía que escoger entre dar dinero a otros o quedarse con él. Unas pruebas genéticas complementarias revelaron que aquellos que tenían ciertas variantes de un gen denominado AVPR1a presentaban casi un 50% más de tendencia a dar dinero que el resto.

SIESTA • Una pequeña siesta diaria, de aproximadamente 45 minutos, puede ser muy beneficiosa para la memoria declarativa de las personas. Un estudio llevado a cabo por médicos de Harvard analizó a 33 jóvenes (11 hombres y 22 mujeres) de un promedio de edad de 23,3 años. Usando 3 pruebas de memoria declarativa diferentes, se encontró que los que habían dormido la siesta mostraron una mejora frente a los que no; sin embargo esto se observó solamente en aquellos individuos que habían aprendido bien las tareas durante el entrenamiento. Estos estudios confirman algo que la mayoría de los estudiantes sabe: antes de cualquier examen es fundamental haber dormido bien; especialmente en aquellos que exigen algún tipo de esfuerzo creativo con los conocimientos adquiridos en los días anteriores.

CEREBRO • Es sabido que el cerebro es uno de nuestros órganos que más energía consume, aproximadamente el 20% del total corporal. Se creía que casi toda esa energía era necesaria para alimentar los impulsos eléctricos que las neuronas utilizan para comunicarse entre sí. Pero una investigación realizada por científicos de la University of Minnesota Medical School, publicada en la revista PNAS demuestra que hasta un 33% de la energía cerebral es necesaria para realizar lo que se podría denominar tareas *domésticas* de mantenimiento de la salud celular.

MONOS JUGUETONES • Muchos califican de estereotipo sexual el que los

niños varones posean grúas y coches como juguetes mientras que las niñas tienen muñecas, indicando que no es un comportamiento innato sino favorecido por las presiones sociales. ¿Es ello así? La psicóloga Kim Wallen, del Yerkes National Primate Research Center de Atlanta, Estados Unidos, ha realizado una investigación con monos, 11 machos y 23 hembras, la mayoría muy jóvenes pero también con presencia de jóvenes y adultos, todos ellos desprovistos de cualquier presión social previa. Resultado: Los machos también eligieron preferentemente juguetes con ruedas respecto a muñecos de felpa mientras que para las hembras la elección fue indistinta entre ellos.

BIOQUÍMICA DE LA CONFIANZA • La confianza es una herramienta esencial en las relaciones sociales, El neurocientífico Thomas Baumgartner ha dirigido una investigación realizada en la Universidad de Zurich para conocer los mecanismos neuronales que subyacen tras ello y cómo el cerebro se adapta a las quiebras de confianza. Sus hallazgos muestran que la hormona oxitocina tiene un papel importante en el establecimiento de vínculos de confianza y que ello se traduce en cambios en las respuestas mostradas por las zonas cerebrales de la amígdala y núcleo caudal.

CABD • El CABD, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, se fundó en el año 2003 como el primer instituto español especializado en el estudio de la Biología del Desarrollo. Es un centro mixto cofinanciado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Junta de Andalucía y la Universidad Pablo de Olavide (UPO) de Sevilla. La edificación y el equipamiento fueron costeados con fondos de la Unión Europea. Para favorecer la formación de una comunidad internacional, los seminarios principales se celebran en inglés y el lenguaje de trabajo es inglés.

GENES IROQUOIS • El Dr. José Luis Gómez-Skarmeta, bioquímico formado en la Universidad de Murcia, es el director del grupo de investigación del CABD sobre FUNCIÓN Y REGULACIÓN DE LOS GENES IROQUOIS EN VERTEBRADOS. Estos genes participan en la regulación de una parte importante del desarrollo de los vertebrados, cuando el sistema nervioso se subdivide en los ejes antero-posterior y dorso-ventral por la acción combinada de un

grupo de factores de transcripción a los que se denomina prepatrón de los que forman parte los genes *iroquois*.

VIDA SINTÉTICA • A pesar de algunas informaciones aparecidas en medios de comunicación, hasta ahora (enero 2008) no se ha conseguido la producción en el laboratorio de ninguna forma viviente. En el año 2007 los científicos del Instituto Craig Venter, consiguieron trasplantar funcionalmente el único cromosoma de una bacteria, *Mycobacterium genitalium*, hasta otra receptora. También se identificaron sus 485 genes y se han diseñado técnicas para poder sintetizarlos en el laboratorio y trasplantarlos, pero aún no se conocen cuáles y cuántos de esos genes son los esenciales para la actividad vital. De conseguirlo, ello abriría las puertas a la obtención de nuevas formas bacterianas útiles para combatir los daños ecológicos causados por el hombre o para mejorar diversos procesos industriales.

MÉDULA ESPINAL • Las lesiones medulares por accidentes o por enfermedades neurodegenerativas afectan a millones de personas. Por ello, es valioso el mayor conocimiento al respecto. Genetistas del ALLEN INSTITUTE FOR BRAIN SCIENCE de Seattle están desarrollando lo que llaman la primera enciclopedia genética de la médula espinal que estará libremente disponible a principios del año 2009 mapeando todos los genes conocidos y sus localizaciones tomando como base al ratón, que comparte con los humanos el 90% de su material genético. Un precedente es descubrimiento de la relación entre el tumor cerebral glioblastoma y el gen BEX1.

DINOSAURIOS • ¿Con plumas o sin ellas? Continúa la polémica sobre los dinosaurios. Los paleontólogos del American Museum of Natural History, mediante el examen de los restos de uno hallado en Mongolia en 1998, insisten en la revista SCIENCE (septiembre 2007) en sus estudios en que los dinosaurios *Velociraptor*, que el filme parque Jurásico popularizó, llegaron a tener plumas, sugiriendo un origen evolutivo común con los animales voladores.

ADN EN LAGOS • En la revista SALINE SYSTEMS científicos milaneses dieron a

conocer que en los lagos más salinos mediterráneos (Discovery, Atalanta, Bannocko, etc.), muy profundos y desprovistos de oxígeno, se pueden encontrar muestras de ADN extracelular disuelto procedente de la liberación o destrucción celular. Lo interesante es que conserva el potencial genético de poder ser transmitido horizontalmente de un modo natural a otros seres vivos lo que le confiere un papel importante en la investigación de la evolución de los ecosistemas.

ESQUIZOFRENIA Y EVOLUCIÓN • En la revista *GENOME BIOLOGY* una investigación mostró los cambios en la expresión genética con la concentración de metabolitos en el cerebro humano, comparándolos con los que acompañan a la esquizofrenia. La sugestiva conclusión era que la evolución de las capacidades cognitivas humanas fue acompañada de cambios adaptativos en el metabolismo cerebral, llevando al cerebro humano al límite de sus capacidades metabólicas, es decir que la esquizofrenia sería una consecuencia colateral de la evolución cerebral humana.

CULTURA Y EVOLUCIÓN • La cultura acelera la evolución humana. En los últimos 10.000 años la humanidad ha multiplicado su número por un factor de 12 y han tenido lugar una serie de cambios evolutivos que afectan desde la digestión a la estructura ósea. Un equipo investigador dirigido por el antropólogo Gregory Cochran de la Universidad de Utah, tras analizar millones de genes humanos ha encontrado que la velocidad de los cambios evolutivos se ha acelerado, de modo que “la velocidad de la evolución humana en los últimos pocos miles de años es mayor que la ocurrida en el pasado, durante millones de años”.

NATURE • La revista *NATURE REVIEWS GENETICS* publicó una excelente revisión sobre el fenómeno de la inestabilidad genómica, sus causas y consecuencias. Esas mutaciones y reordenaciones se han asociado con desórdenes patológicos pero también son cruciales para la evolución y la aparición de la diversidad genética. Los autores de la revisión son los prestigiosos genéticos de la Universidad de Sevilla Andrés Aguilera y Belén Gómez-González.

RATONES Y HOMBRES • En un número reciente de la excelente revista PNAS científicos evolutivos de la Universidad de Michigan publicaban una investigación que puede tener gran repercusión. Es sabido que existe una identidad de más del 85% entre los genomas de ratón y humano y que los ratones son usados ampliamente como modelos de enfermedades humanas. El descubrimiento consiste en que muchos genes que son idénticos, sin embargo, desempeñan papeles muy diferentes en ratones y en humanos lo que obligará a replantearse muchos supuestos actuales. Hasta un 22% de genes que son esenciales en humanos y son idénticos en ratones no son esenciales para los ratones.

MELANOMA • La revista NATURE GENETICS publicó una investigación hispano-islandesa en la que se mostraban unas nuevas variantes genéticas asociadas a la sensibilidad al sol y, por ello, a la aparición de tumores basocelulares y melanomas. El melanoma es el tumor de piel que más muertes provoca en España mediante diagnóstico precoz se puede extirpar y lograr la curación en un 90% de los casos. En esta investigación las modificaciones alélicas se refieren a dos genes de la melanización, el agouti y el trp1 y su conocimiento permitirá poder realizar desde ahora los correspondientes y predictivos análisis genéticos.

COLOR Y MICROBIOS • Algunos hallazgos sobre el papel de los genes son sorprendentes. En la revista SCIENCE apareció un trabajo revelando que, en perros, un gen regulador del color de su piel es el mismo que se conocía por su papel de defensa contra los microbios. En la mayoría de los mamíferos el color depende, sobre todo, de dos genes (el receptor de melanocortina 1 y el agouti): en los perros un tercer gen, que codifica a CDB 103 una proteína de la familia defensinas, también participa en el control del color.

LA MEDICINA

LA VIDA SEXUAL DE UN ASESINO

ES EL CAUSANTE DE UN GRAN NÚMERO DE MUERTES Y LESIONES EN TODO EL MUNDO. Un pequeñísimo, en tamaño, criminal que asesina a miles de personas inmunológicamente debilitadas, siendo la principal causa de muerte de las mismas, mientras que en otras deja molestísimas secuelas en forma de asma severo. Considerado como un ser cosmopolita y oportunista bloquea, por ejemplo, las cavidades naturales con libre circulación de aire, especialmente en los senos paranasales y bolsas guturales, produciendo lesiones ubicadas en la zona adyacente a la arteria carótida interna que pueden ser mortales.

ASESINO • Hace 145 años que fue localizado y, desde entonces, fueron estrechamente vigilados sus también asesinos descendientes, conociéndose muchos aspectos de su vida y costumbres, pero muy poco respecto a su actividad sexual. Y, ello, sería básico para frenar su multiplicación.

Recientemente, en la revista NATURE, biólogos de las Universidades de Nottingham y Dublín han hecho públicos el descubrimiento de esa vida sexual en un artículo titulado *Discovery of a sexual cycle in the opportunistic fungal pathogen Aspergillus fumigatus*, es decir, “Descubrimiento de un ciclo sexual en el patógeno fúngico oportunista *Aspergillus fumigatus*”.

El género *Aspergillus*, bautizado así por el biólogo italiano Pier Antonio Micheli en 1729, es ubicuo y cuenta con más de 200 variantes. En concreto el nombre de la especie *Aspergillus fumigatus*, procede de los términos latinos *aspergillus* (aspergilo, hisopo para rociar agua bendita) y *fumigatus* (ahumado), tratándose de un hongo filamentoso microscópico (compuesto de cadenas de células llamadas hifas) con pared lisa que nace de una célula base del micelio, ensanchando al final en una vesícula amplia, coronada de esterigmas en forma de redoma (20 a 30 micras de diámetro). Forman colonias de crecimiento rápido, planas, vellosas y compactas, blancas al comienzo, que toman rápidamente un color verde grisáceo, de aspecto aterciopelado y consistente.

Su calificación de cosmopolita se debe a que un saprobio (obtiene su energía de la materia

orgánica en disolución de tejidos muertos o en descomposición) que se ha aislado prácticamente de todo tipo de sustrato. El polvo de las casas es un nicho ecológico muy adecuado. La especie es capaz de crecer entre los 12 y los 57 °C. y de soportar una pasterización a 63 °C durante 25 min. Este hongo produce un importante número de metabolitos con efectos antibióticos y tóxicos.

ENFERMEDADES • Como expone el Dr. José M^a. Negro en sus páginas de Alergología del Canal *Ciencia y Salud* del periódico La verdad (http://www.alergomurcia.com/pdf/Alergia_a_hongos.pdf), la alergia a hongos de ambiente se conoce desde hace siglos pero los hongos que pueden causar alergia no son los comestibles. Suelen encontrarse altas concentraciones de esporas de hongos en viviendas húmedas, oscuras, poco soleadas, en los objetos de vestir o calzar guardados en armarios cerrados, tierra húmeda de macetas, humidificadores, acondicionadores de aire mal mantenidos, etc. En todo caso como son más de 100.000 los hongos diferentes conocidos se pueden recoger esporas de hongos prácticamente en cualquier ambiente imaginable.

Junto al género *Aspergillus*, otros hongos importante causantes de alergia en nuestra zona geográfica son *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Pullularia* y *Penicillium*. La especie *Aspergillus fumigatus* puede causar enfermedades invasoras graves, con mortalidad elevada, en personas inmunosuprimidas, además de favorecer enfermedades de componente alérgico a través de los numerosos alérgenos que posee. Son relativamente usuales la sinusitis y el asma severo producidos por este hongo.

Las esporas del *Aspergillus fumigatus* se han convertido en las más prevalentes conocidas y se encuentran dispersadas por doquier en la atmósfera, calculándose que, por término medio una persona inhala cada día por la respiración, al menos unas 200 esporas. Usualmente ello no es motivo de preocupación pues nuestro sistema inmunológico posee mecanismos para poder eliminarlas adecuadamente. Pero el problema aparece en el caso de las personas con un sistema inmune debilitado en cuyas circunstancias la mortalidad puede superar el 50%. Por ejemplo es la causa principal de muerte en los pacientes de leucemia o los trasplantados de médula ósea.

La posibilidad de un posible brote de *Aspergillus fumigatus* hay que tenerla presente en todos los hospitales La incidencia de las enfermedades fúngicas hospitalarias se ha duplicado en los últimos años y recientemente se ha conocido que, en Europa, sus modernos hos-

pitales albergan a un 4% de los pacientes con aspergilosis invasiva. Y se puede recordar el brote que tuvo lugar durante meses, sin identificarlo adecuadamente, en el hospital de Cruces en el que fallecieron, al menos, 17 pacientes, obligando al cierre de todos los quirófanos de la torre central.

SEXO • Al menos un 20% de los hongos conocidos no tienen asociado ningún estado sexual conocido y entre ellos se incluyen a muchos miembros de especies como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Coccidioides* y *Malassezia* que poseen una gran importancia económica y médica. Sin embargo, en los últimos tiempos se han sucedido investigaciones indicativas de que algunas de estas especies poseen genes aparentemente relacionados con la actividad sexual lo que obliga a poner en cuarentena su aparente clasificación de asexuados.

Concretamente, hasta ahora estaba establecido que la especie *Aspergillus fumigatus* no poseía ningún ciclo sexual y que su reproducción se realizaba únicamente mediante la producción de esporas asexuales. Lo que han inducido y comprobado los investigadores irlandeses y británicos, dirigidos por el Dr. Dyer, es que realmente este tipo de hongo posee reproducción sexual, con un ciclo reproductivo sexual totalmente funcional.

Respecto al significado práctico del descubrimiento, en palabras del propio Dr. Dyer: “Este descubrimiento nos proporciona buenas y malas noticias. Las malas son que ahora ya sabemos que el hongo puede reproducirse sexualmente y ello significa que poseerá una mayor capacidad para adquirir resistencia, en plazos cortos, ante las drogas antifúngicas y para la supervivencia de las esporas ante condiciones adversas. Pero las buenas noticias son las de que el conocimiento real de la situación nos permitirá saber los detalles del ciclo sexual y ser una base de partida inigualable para los experimentos en el laboratorio destinados a anular los sistemas mediante los cuales el hongo causa las enfermedades y estimula las reacciones asmáticas. Una vez que se conozcamos las bases moleculares y genéticas de la enfermedad es cuando se podrán diseñar sistemas eficaces para controlar el hongo”.

Todo ello, aparte del interés científico básico que el descubrimiento supone en cuanto a la comprensión de la biología y la evolución de las especies así como para lograr el propósito final de controlar la lucha contra los hongos perjudiciales y ayudar a la supervivencia de los favorables.

BACTERIAS Y BIOPELÍCULAS

SEGÚN SUS EDITORES LA REVISTA GENOMICS AND PROTEOMICS proporciona los últimos avances en los instrumentos, tecnologías y servicios relacionados con las investigaciones genómica y proteómicas. Mensualmente, un científico destacado es el autor del artículo principal. En el mes de mayo del 2008 lo fue James Netterwald quien escogió como tema más relevante y actual el de los *biofilmes*, *biocapas* o *biopelículas* bacterianas, cuyo descubrimiento ha hecho cambiar nuestro concepto de las bacterias como seres unicelulares individuales.

Las bacterias derivaron del ancestro universal de los seres vivos hace más de 3.000 millones de años. Desde entonces se han adaptado a todas las variantes circunstancias, se han transformado y, sin duda, sobrevivirán al último hombre y serán los últimos testigos de la extinción de la vida sobre la Tierra. Una de sus estrategias de supervivencia más valiosa ha sido, precisamente, la de su agrupamiento en forma de biofilmes o biocapas. Las implicaciones biosanitarias de esta realidad son de gran magnitud, porque ese fenómeno les hace adquirir tal resistencia que se hace muy difícil luchar contra las infecciones causadas por estos biofilmes. Ello se debe a que la población bacteriana produce una capa de sustancias, exopolisacáridos, que recubren la biopelícula y la hacen impermeable a la acción de los antibióticos.

BIOFILME • Algunos lectores pensarán que los biofilmes sólo se encuentran en ambientes muy reducidos, sin llamar demasiado la atención. Sería erróneo. Están en todos lados y, posiblemente, hasta en las cocinas de nuestros hogares. La gran mayoría de todas las bacterias de nuestro planeta viven en forma de biopelícula donde las bacterias se sitúan en comunidad, en forma sinérgicamente integrada. El ejemplo más cercano es el de la placa dental, y varias veces al día nos esforzamos en combatir el biofilme de bacterias que recubre nuestros dientes para evitar que el desarrollo excesivo de los microorganismos deterioren nuestro esmalte dental. Pero también son biopelículas el material mucoso que recubre internamente un recipiente en el que hemos tenido depositadas flores, o el material mucoso que cubre vidrios y vasos mal lavados después de unas horas, o la sustancia resbaladiza que recubre las piedras de los lechos

de los ríos, los cascos de los barcos o las superficies interiores de una tubería, incluidas las de las redes suministradoras de agua (caso de la legionela en aguas no tratadas adecuadamente), etc. Y la formación de biopelículas no se restringe a ningún grupo específico de microorganismos sino que bajo condiciones ambientales adecuadas todos los microorganismos pueden formarlas. Los biofilmes se producen siempre que haya una superficie en contacto con el agua. Aunque la composición del biofilme es variable, en general, el agua puede representar hasta un 97% del total de su contenido. Además de agua y de las células bacterianas, la matriz del biofilme es un complejo formado principalmente por exopolisacáridos y, en menor cantidad, otras macromoléculas como proteínas, ADN y diversos productos procedentes de la lisis de las bacterias.

En los primeros trabajos que se hicieron sobre la estructura del biofilme, una de las cuestiones más desconocidas era cómo las bacterias del interior del biofilme podían tener acceso a los nutrientes o al oxígeno. Hoy sabemos que la arquitectura de la matriz de la biocapa no es sólida sino moldeable y que presenta poros o canales que facilitan el paso de agua, nutrientes y oxígeno incluso hasta las zonas más profundas del biofilme. La existencia de estos canales no es obstáculo para que en el interior de la estructura se presenten zonas con ambientes distintos, en los que la concentración de nutrientes, pH u oxígeno es diferente. Todo ello se traduce en una mayor diversidad de especies, mayor diversidad metabólica y fisiológica y aumento de la complejidad estructural, consiguiendo la población bacteriana ventajas tales como: protección frente a tóxicos y biocidas, metabolismo más activo, mayor crecimiento, facilitar el intercambio de material genético entre los individuos, mejor intercambio de metabolitos y, sobre todo, una adaptación adecuada al ambiente externo, por duro que éste sea: temperatura, pH, iones, sustancias nocivas, etc.

PELIGROS • Cuando se produce una infección bacteriana y las bacterias se agrupan como biofilmes su resistencia aumenta. Unos ejemplos: en modelos experimentales de sinusitis provocada en conejos por *Pseudomonas aeruginosa*, el antibiótico tobromicina, a dosis 5 veces superior a las usadas normalmente, resulta ineficaz; en cuanto al *Staphylococcus aureus*, suele habitar la piel y ser inocuo, pero si pasa a la situación de biofilme produce toxinas peligrosas por lo que, anualmente, mueren en el mundo algunos centenares de miles de personas por contaminaciones ocurridas durante intervenciones quirúrgicas que facilitan la infección de los órganos internos de los pacientes. Y en nuestra cavidad bucal los comporta-

mientos de los correspondientes biofilmes son más complejos ya que en nuestra boca suelen existir más de 700 organismos diferentes.

En el pasado el protagonismo bacteriano (difteria, tuberculosis, cólera, tosferina) lo tuvieron las bacterias patógenas especializadas, contra las que luchamos eficazmente con antibióticos y vacunas. En la actualidad, el protagonismo está siendo usurpado por bacterias ubicuas, capaces de producir infecciones de tipo crónico, que responden pobremente a los tratamientos antibióticos y no pueden prevenirse mediante inmunización. Ejemplos de estas infecciones son las relacionadas con los implantes médicos y otras infecciones crónicas como otitis media, neumonía en pacientes con fibrosis quística, infecciones urinarias crónicas, infecciones de próstata y osteomielitis, en las que las bacterias, en forma de biofilme, se hacen hasta 1.000 veces más resistentes a la acción de los anticuerpos, al ataque de las células fagocíticas y a los tratamientos antimicrobianos.

ESPERANZAS • Ante la nueva situación la ciencia ha de producir las respuestas adecuadas y ya comienzan a conocerse datos importantes sobre la fisiología de los biofilmes y la compleja cascada de reguladores que gobiernan su desarrollo, lo que ayudará en el futuro a encontrar inhibidores del proceso al estilo de ciertas prometedoras sustancias naturales ya estudiadas conocidas como furanonas que ya se ha sabido sintetizar en el laboratorio. O a conocer mejor las sustancias que producen las bacterias cuando “sienten” la proximidad de otras, a fin de favorecer los biofilmes. Muchas preguntas aún quedan en el aire. ¿Cuánto hay de similitud y de diferencias entre los diferentes biofilmes? ¿Expresan los mismos conjuntos de genes las bacterias cuando están en los biofilmes que cuando se cultivan aisladamente, planctónicamente? Las modernas técnicas de Biología molecular están comenzando a adentrarse en este crucial problema cuyo conocimiento es básico para disponer de armas eficaces en el futuro y se empiezan a poseer conocimientos sobre nuevas señales celulares y nuevas familias de genes relacionados con el proceso.

¿Y qué hacer en nuestros hogares, en nuestras cocinas? Para asegurar la eliminación de biofilmes es recomendable el uso de productos de limpieza con una buena capacidad de disolución. Esta limpieza adecuada debe incluir un frotado intenso, ya que la mezcla de un buen producto junto con el movimiento mecánico y la presión, aceleran la solubilización del biofilme.





ALZHEIMER Y ÁCIDOS OMEGA-6

UN RECIENTE ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PUBLICADO EN LA REVISTA NATURE NEUROSCIENCE ha tenido una gran repercusión biomédica mundial al plantear la posibilidad de que una adecuada alimentación de ácidos grasos en pacientes de Alzheimer pudiera tener resultados interesantes terapéuticos. En el trabajo, concretamente, se plantea la relación de diversos ácidos omega-3 y omega-6 con la enfermedad. Repasemos la situación.

ÁCIDOS OMEGA • Desde el punto de vista químico los ácidos grasos se caracterizan por poseer un primer átomo de carbono carboxílico ácido (HOOC-) seguido de un esqueleto hidrocarbonado ($-(\text{CH}_2)_n-$) que finaliza en un último carbono metílico ($-\text{CH}_3$) que, por ese carácter final, suele denominarse carbono omega. Cuando existen dobles enlaces (insaturaciones) entre dos átomos de carbono contiguos, el ácido graso se denomina poliinsaturado. Si, a partir de ese átomo final existe un doble enlace en posición 3 o en posición 6 nos encontramos, respectivamente, con los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Dentro de la familia de los ácidos omega-3 podemos destacar al ácido alfa-linolénico C18:3 (es decir, con 18 átomos de carbono y tres dobles enlaces en total), el ácido eicosapentanoico, EPA (C20:5), y el ácido docosahexanoico, DHEA (C22:6), mientras que en la familia de los omega-6 podemos individualizar al ácido linoleico (C18:2) y al ácido araquidónico, AA (C20:4).

Los ácidos grasos poliinsaturados linoleico y linolénico no los podemos biosintetizar los seres humanos por lo que son esenciales, es decir, hemos de tomarlos en la alimentación. Además de que por sí mismos cumplen importantes papeles fisiológicos (parte principal de las membranas celulares) también son punto de partida de importantes familias de biomoléculas, con propiedades hormonales como los eicosanoides (prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos) que, entre otras funciones, regulan la presión sanguínea, la coagulación y la respuesta inmunes.

Lo que sí puede hacer nuestro organismo es modificar y alargar a los ácidos grasos poliinsaturados. Concretamente, el ácido linoleico (omega-6), de 18 átomos de carbono, en nuestro cuerpo puede alargarse hasta formar el ácido araquidónico, también omega-6, pero de 20 áto-

mos de carbono. Este ácido araquidónico forma parte de las moléculas de fosfolípidos y se libera de ellas mediante la acción de una enzima de nombre fosfolipasa A2 (PLA2). En cuanto al ácido alfa-linolénico (omega-3, con 18 átomos de carbono) es transformable en los ya citados, también omega-3, EPA y DHEA.

Los expertos en Nutrición opinan que la relación de ácidos omega-6/omega-3 en nuestra alimentación se ha incrementado demasiado en los últimos siglos y que ello puede repercutir negativamente en nuestra salud, por lo que deberíamos revisar nuestra dieta para corregir ese problema, a través de un mayor consumo de ácidos omega-3 y un menor consumo de los omega-6. Entre las mejores fuentes de omega-3 se encuentran las semillas de lino, colza, calabaza, nueces, pescados azules, algunos aceites vegetales, verduras verdes oscuras como espinacas, así como los huevos.

RESULTADOS • Los investigadores del Instituto Gladstone de la Universidad de California, con Rene O. Sánchez-Mejía como primer firmante del trabajo y con Lennart Mucke como autor senior, lo que expusieron en la revista NATURE NEUROSCIENCE fueron sus resultados obtenidos con modelos experimentales de ratones con enfermedad de Alzheimer.

Lo principal y más novedosos es que, cuando mediante ingeniería genética a esos ratones se les eliminó total o parcialmente la enzima fosfolipasa A2 (PLA2, la responsable de la liberación del ácido araquidónico desde los fosfolípidos de las membrana) se produjo una notable mejora en las funciones cognitivas de los ratones que poseían menor cantidad de enzima comparados con los ratones controles, es decir, que se consiguió una mejora en los síntomas propios de la enfermedad de Alzheimer.

La comunidad científica, hasta ahora había colocado el mayor énfasis en el estudio de la relación entre proteínas cerebrales alteradas y enfermedad de Alzheimer. Pero los lípidos, los fosfolípidos, son componentes protagonistas de la composición de las membranas, barreras selectivas entre el contenido intracelular y su medio externo.

Para conocer las variaciones lipídicas relacionadas con la enfermedad de alzheimer los investigadores americanos escogieron una estrategia de perfiles a gran escala denominada lipídica para medir los diferentes ácidos grasos en los cerebros de ratones normales y ratones con Alzheimer (con cantidades normales, reducidas o nulas de la enzima PLA2) y comparar los resultados con diversas apreciaciones de su situación cognitiva.

Otros hallazgos importantes en los ratones modelos de Alzheimer fueron:

- un incremento del ácido araquidónico y algunos de sus metabolitos en la zona cerebral del hipocampo, donde se ubica el centro de aprendizaje y de la memoria que suele afectarse muy pronto y severamente por la enfermedad de Alzheimer.
- unos niveles mayores de la enzima PLA2 que en los ratones normales o en aquellos en los que aún no se ha afectado negativamente el tejido cortical.

CONSECUENCIAS • Todo parece coherente para el equipo investigador: la acción del ácido araquidónico sería la responsable de los estragos observados en la enfermedad de Alzheimer, estimulando demasiado la excitación neuronal y favoreciendo que las neuronas enfermen.

Si los resultados en esta línea siguen confirmándose y la extrapolación desde los ratones a los seres humanos fuese factible, estos hechos podrían abrir la posibilidad de nuevas aproximaciones terapéuticas para la prevención de los desórdenes neurológicos de la enfermedad de Alzheimer ya que, en general, los niveles de los ácidos grasos pueden ser regulados por la dieta y, también, farmacológicamente. En una primera aproximación lo más sencillo sería disminuir la ingesta dietaria de los ácidos omega-6 e incrementar la de los omega-3.

Como ocurre con todas las cuestiones científicas, hay que ser precavidos. Varias empresas farmacéuticas están ya muy interesadas en variantes de fosfolipasas ligadas a enfermedades cardiovasculares e inflamatorias. La enzima fosfolipasa estudiada por los investigadores del Instituto Gladstone es sólo una de sus diversas isoformas, concretamente la PLA2G4A, citosólica y dependiente de calcio, de la que, por cierto, ya existían datos previos de su relación con la inflamación en procesos neurodegenerativos, a través de su papel favorecedor de la síntesis de algunas prostaglandinas y leucotrienos proinflamatorios. En todo caso varias Instituciones y empresas han mostrado su interés en analizar las posibilidades de esta nueva vía de enfoque sobre la patogenia y la terapia de la enfermedad de Alzheimer.

EL CEREBRO Y LAS MOSCAS

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL HA SIDO, POSIBLEMENTE, EL MEJOR CIENTÍFICO ESPAÑOL DE TODOS LOS TIEMPOS. Sus hallazgos tuvieron un gran impacto internacional, su obra sigue siendo hoy, a los 74 años de su fallecimiento, citada profusamente pero, sin duda, lo más esperanzador es que esa obra hizo florecer las neurociencias en España y que su impulso no sólo no ha remitido sino que ha ido acrecentándose con el tiempo entre los científicos españoles.

JUAN BOTAS • El caso del científico Juan Botas es semejante al de Ana María Cuervo del que también nos ocupamos en otro lugar. Es el ejemplo de muchos brillantes científicos españoles cuya formación en nuestras universidades es sufragada por todos los ciudadanos a través de sus impuestos pero que, debido a la falta impenitente de una adecuada política científica, tienen que decidir desarrollar y aplicar sus conocimientos en otros países más protectores de la ciencia como es el caso de Estados Unidos. Juan Botas, actualmente es Associate Professor del Baylor College of Medicine de Houston, un centro con renombre internacional de calidad. Licenciado en 1980 en la Universidad de Madrid y doctorado en 1986, tras una estancia posdoctoral de tres años en la Universidad de Stanford pasó al Baylor, donde dirige un grupo que investiga sobre la genética de enfermedades neurológicas como Huntington, Parkinson y Alzheimer. Allí, por su prestigio, suelen acudir a realizar estancias investigadoras bastantes jóvenes científicos, entre ellos algunos españoles.

Juan Botas es un neurocientífico prestigioso y consolidado. Sus lazos con España prosiguen. Así en el año 1998 participaba como ponente en un excelente simposio internacional organizado en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa de Madrid por la Fundación Ramón Areces sobre *La nueva biología del desarrollo*. Y el año 2000, el suplemento *Aldea educativa* del periódico EL PAÍS se hacía eco de su trabajo señalando que extraña, pero afortunadamente, la genética del pequeño díptero que es la mosca *Drosophila*, la mosca del vinagre, era una herramienta muy poderosa para intentar profundizar en la investigación de las enfermedades mentales humanas.

Estos comentarios se hacían tras publicar el equipo del Dr. Botas en la revista NATURE un

trabajo con la identificación de 18 genes, comunes a la mosca y al hombre, relacionados con la *ataxia espinocerebral*, una dramática enfermedad neurodegenerativa humana.

¿Por qué usar moscas *Drosophila* para estas investigaciones cerebrales?: Porque su cerebro se puede manipular, cosa que no es permisible en los humanos; porque para comprobar los resultados no hay que esperar años sino que se obtienen en tres o cuatro semanas; porque se posee un conocimiento completísimo sobre la biología y la genética de esta mosca, por lo que pueden construirse modelos experimentales de enfermedades y se pueden realizar experiencias por ejemplo, con miles de ejemplares de *Drosophila*, cruzando moscas afectadas de Huntington, cada uno con la alteración de un gen diferente, a fin de aclarar si esa alteración o mutación supone una inhibición del gen en cuestión o, por el contrario, la sobreexpresión de la proteína correspondiente.

NEURODEGENERACIÓN • Con motivo de un congreso celebrado en el año 2006 en Barcelona sobre *Drosophila*, el propio Dr. Botas explicaba la importancia de sus hallazgos en los que la alteración de los niveles de expresión de ciertos genes podía retardar la progresión de algunas enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, la ataxia, el Huntington o el Parkinson, indicando que: “Si estos genes se introducen en la *Drosophila* la mosca desarrolla la enfermedad, con una clínica muy parecida a la humana. La única diferencia es que lo que en las personas tarda diez años en suceder, en la mosca pasa en menos de un mes”. Las dificultades del trabajo las expresaba gráficamente: “Tratamos de encontrar en todo el genoma algún gen que interfiera en la enfermedad; es como buscar una aguja en un pajar”.

Efectivamente, ya que en el 99 por ciento de los casos la mutación de un gen no interfiere en el proceso degenerativo. Pero, en unos pocos casos, se comprueba que la alteración compensa la mala función del gen que provoca la neurodegeneración con lo que la patología no avanza. Estos conocimientos permiten también buscar si un compuesto químico pudiera desempeñar esta función de compensación.

Por el contrario, la alteración de otros genes, provoca la agravación de la patología en la mosca, lo que “también es muy interesante porque nos ayuda a entender el mecanismo patológico de la enfermedad”.

NEURON • La publicación de otra excelente investigación del grupo del Dr. Botas en la

prestigiosa revista NEURON fue destacadamente resaltada por los más importantes medios de alerta científica como es el de EUREKALERT. ¿De qué se trataba en esa ocasión?

De la enfermedad de Huntington, una de las 9 enfermedades conocidas asociadas a una alta repetición en el material genético del triplete de nucleótidos con las bases C (citosina) A (adenina) G (guanina). Como el triplete CAG, según la clave genética, codifica para el aminoácido glutamina ello deriva en una alta y anormal producción del péptido poliglutamina. Con ello, también una proteína, la *hungtinina*, presente normalmente en las neuronas, se hace muy grande y se *poliglutaminiza*. Es precisamente esta anomalía la que provoca las secuelas de la enfermedad.

La enfermedad de Huntington suele aparecer en edades adultas y, hasta ahora, se creía que los efectos adversos de la hungtinina comenzaban en una etapa tardía de su maduración. Botas y su equipo han demostrado que no es así, que esas consecuencias indeseables se inician mucho antes y que la huntingtina provoca efectos tóxicos en el núcleo de las neuronas, lo que hace que se produzca una alteración en los diferentes neurotransmisores o que se reduzca la actividad de los canales de calcio en las membranas de esas neuronas.

Mejor aún, el grupo de Botas ha demostrado que en la mosca *Drosophila* se puede suprimir dicha alteración con la introducción de una mutación en el genoma y como el modelo general es idéntico al humano cree que “es altamente probable que el mecanismo funcione igual en pacientes”. Además, una consecuencia del trabajo ha sido, utilizando abordajes genéticos, la definición de una serie de posibles dianas terapéuticas que incluyen a canales de calcio y a ciertas proteínas implicadas en la transmisión sináptica.

Según Botas “la experiencia nos enseña a ser prudentes cuando hacemos predicciones de este tipo, pero hay razón suficiente para el optimismo, dado que los antagonistas de los canales de calcio y los inhibidores de neurotransmisión ya se utilizan terapéuticamente en otros contextos con buenos resultados”. Esperemos que se cumplan estos buenos augurios.

DEMENCIAS: BUSCAR AL MICROBIO

ALEJANDRO DUMAS, PADRE, EN 1854, ESCRIBIÓ SU OBRA LOS MOHICANOS DE PARÍS, en uno de cuyos pasajes señalaba que siempre había una mujer en todos los asuntos y que, por ello, ante cualquier acontecimiento lo adecuado era *chercher la femme*. Y, esta frase, tan francesa, de *chercher la femme* es la que también solía repetir Hércules Poirot, el gran detective y personaje protagonista de muchas obras de Agatha Christie, ante cualquier delito no esclarecido.

Parodiando esa expresión, para explicar la causa de enfermedades como la esquizofrenia, el autismo, el trastorno bipolar y el desorden obsesivo compulsivo, tendremos que preguntarnos ¿buscar los virus o microbios? Sorprendentemente, muchas pistas parecen apuntar hacia esa dirección.

MICROBIOS • A finales del siglo XIX se produjo un tremendo avance de la Medicina, gracias a los trabajos de Koch y Pasteur que contribuyeron a que muchas enfermedades se consideraran como una consecuencia de las indeseadas acciones de microbios, generalizándose así una visión de la enfermedad que podría denominarse como microbiologista.

Acorde con ello, en 1926 Paul de Kruif (1890-1971), del Rockefeller Institute, escribió uno de los libros de ciencia novelada más exitoso de todos los tiempos, **Los cazadores de microbios**, traducido a más de dieciocho idiomas y fuente de inspiración para toda una generación de investigadores biológicos. En él se describe la vida y obra de un grupo de hombres del siglo XIX que sentaron las bases para conocer y comprender el mundo de los microbios y las vacunas, así como nuestra relación con ellos, a través de un relato muy ameno, en el que se mezclan experimentos y vida cotidiana enlazados con los hitos fundamentales de la microbiología.

Después, los tiempos cambiaron. Florecieron las teorías psicosomáticas, y se puso el énfasis en los genes y en su relación con los problemas sanitarios de causa en principio no infecciosa (cáncer, enfermedades cardiovasculares, degenerativas...). Pero un nuevo punto de inflexión se produjo con las úlceras gástricas, una enfermedad considerada psicosomática que de pronto, al menos parcialmente, se descubrió como infecciosa (*Helicobacter pylori*). Ello

hizo que se comenzase a sospechar de la participación infecciosa en otras patologías como las cardiovasculares a lo que se añadió el problema de ciertos virus escurridizos y el de las infecciones priónicas (mal de las vacas locas).

ENFERMEDADES MENTALES • La relación entre microbios (o virus) y enfermedades mentales cada vez parece más estrecha, descubriéndose nuevos nexos de unión como ha sido el caso de los *Trastornos Neurosiquiátricos Pediátricos Asociados a Infecciones Estreptocócicas*, cuando en algunos niños aparecen o se exacerban síntomas obsesivos tras sufrir infecciones por estreptococo beta hemolítico A. Algo análogo sucede en varias enfermedades de base autoinmune relacionadas con los estreptococos (fiebre reumática, glomerulonefritis), en las que se producen relaciones cruzadas con proteínas cerebrales. Incluso se han encontrado anticuerpos contra el bornavirus, un virus RNA inicialmente descubierto en equinos y del cual se sospechaba su relación con la depresión, en el suero de enfermos afectados de otros trastornos psiquiátricos. Hasta un agente considerado poco belicoso, como es la *Chlamydia Pneumoniae* parece no sólo estar detrás de las lesiones ateromatosas sino que también (o tal vez, por ello) ha sido descubierto situado en áreas de enfermos típicamente afectadas por la enfermedad de Alzheimer. Por cierto, ya nos ocupamos en otras ocasiones, consultables en el canal *Ciencia y Salud* de La verdad digital, de las investigaciones del equipo del Dr. Valdivieso sobre la relación entre Alzheimer y ciertos virus. En cuanto a la bacteria *Pfiesteria Piscicida*, considerada como exclusiva de peces, se ha relacionado con la aparición de ciertos síntomas cognitivos en pescadores de las costas atlánticas de los Estados Unidos.

Pero, este comentario lo limitaremos al caso de la esquizofrenia, puesto de manifiesto en un excelente artículo de Melinda Wenner publicado en la revista SCIENTIFIC AMERICAN.

ESQUIZOFRENIA • Hace más de un siglo, esa revista, SCIENTIFIC AMERICAN, publicó un editorial con la pregunta “¿Es la locura causada por un microbio?”. En él se contaba como dos médicos habían obtenido fluido cerebroespinal de enfermos mentales que inyectaron a conejos que, inmediatamente, enfermaron.

Pero, paulatinamente, después, las aproximaciones freudianas a las enfermedades mentales arrinconaron la posibilidad infecciosa y a mitad del siglo XX, la idea del ADN y de los genes

hizo que el énfasis recayera sobre el hallazgo de genes relacionados con las enfermedades mentales, tales como la esquizofrenia.

La esquizofrenia es una enfermedad devastadora que afecta al 1% de la población mundial y va acompañada de alucinaciones, sicosis y habilidad cognitiva reducida que suelen incapacitar para la vida laboral a sus sufridores. Los genes no son la única causa de ello tal como se confirmó en su día mediante el estudio comparativo de gemelos univitelinos, que poseen la misma dotación genética.

¿Podría ser ocasionada o estimulada la esquizofrenia por un agente infeccioso? En ese caso algunas de estas infecciones podrían afectar el cerebro directamente, mientras que otros provocarían respuestas inmunitarias indeseables en las neuronas. La idea sería que ciertas influencias ambientales (incluyendo infecciones) podrían apoyarse en unas predisposiciones genéticas y favorecer la aparición de la enfermedad.

Diversos estudios, entre ellos uno realizado en el año 2006 en la Columbia University, habían puesto de manifiesto que hasta un 20% de las esquizofrenias podrían ligarse a infecciones prenatales. Actualmente ya existen más de 200 estudios publicados mostrando hechos como que la esquizofrenia es más frecuente (cerca del 10%) en los niños que nacen en invierno o primavera, es decir, en las épocas que predomina el virus de la gripe. Otra investigación realizada en el 2001, mostró que los hijos de madres expuestas a la epidemia americana de rubéola (vímica) de 1964 tuvieron un riesgo 10 veces superior al normal de sufrir esquizofrenia. Y otra investigación publicada en el año 2004, sobre 200 embarazadas a lo largo de 10 años, mostró que las embarazadas que habían sufrido de gripe durante su embarazo presentaron un riesgo de esquizofrenia para sus descendientes incrementado en tres veces. Otras investigaciones demostraron la relación entre la infección materna durante el embarazo con el parásito monocelular *Toxoplasma gondii* y el riesgo de esquizofrenia para el descendiente.

Aunque existen más datos para el caso de la esquizofrenia, las infecciones prenatales con rubéola o diversos tipos de herpes también se han ligado con otros desórdenes psiquiátricos como autismo, desorden bipolar e, incluso, enfermedad de Alzheimer. En todo caso la realidad parece ser compleja, como suele suceder con todos los procesos biológicos y la postura de la Ciencia y de los científicos debe ser la de la humildad, la de seguir investigando, con la seguridad de que conocer todo será la meta inalcanzable, pero con el convencimiento de que la meta alcanzable es la de conocer más.

AUTOFAGIA Y PARKINSON

UNA INVESTIGACIÓN PUBLICADA EN LA REVISTA JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION por el grupo que dirige la Dra. Cuervo, en Nueva York, puede haber aclarado la causa de las convulsiones de los enfermos de Parkinson y está siendo muy positivamente valorada por el mundo científico.

INVESTIGADORA • Cuando hemos contactado con la Dra. Cuervo para pedirle que transmita a los amables lectores su propia opinión al respecto nos ha respondido: "... por supuesto es difícil ser objetivo con nuestro propio trabajo, pero yo creo que una de las contribuciones que puede resultar más valiosa en el futuro es la importancia que tienen los sistemas de limpieza celular. Estos sistemas están en marcha y funcionando en todas las células, y queda claro que son esenciales para garantizar un buen funcionamiento celular... yo tengo grandes esperanzas de que el mejor conocimiento que vamos adquiriendo sobre las bases moleculares de estos sistemas ayudara a identificar en el futuro compuestos para potenciarlos y aumentar su eficacia. Nosotros hemos visto que su eficacia disminuye con la edad, y quizá es por eso que la mayoría de estas enfermedades neurodegenerativas no se manifiestan sintómicamente hasta tarde en la vida. Nuestro propio grupo está desarrollando modelos genéticos de ratones en los que intentamos reparar el defecto en estos sistemas de animales viejos... con la idea de en el futuro desarrollar compuestos que puedan reproducir lo que hacemos ahora con las manipulaciones genéticas".

Ana María Cuervo estudió Medicina en la Universidad de Valencia, donde se licenció en 1990 y realizó su tesis doctoral sobre Biología Molecular en 1994. Tras una estancia postdoctoral de un año en el Instituto de Investigaciones Citológicas de Valencia, esta apasionada y brillante investigadora emprendió la misma aventura americana de otros tantos jóvenes científicos españoles que encuentran en los Estados Unidos el ambiente y medios adecuados que se les niega en España. Permaneció varios años en la Universidad de Tufts, en Boston y en el año 1991 ya pudo contar con su propio laboratorio en el prestigioso Albert Einstein College of Medicine de Nueva York donde es Associate Professor de Anatomía y Biología estructural. Su

línea general de interés e investigación es la del papel de la degradación de las proteínas en las enfermedades neurodegenerativas y el envejecimiento ya que las proteínas dañadas constituyen un gran estorbo dentro de las células y su acumulación se asocia con los procesos degenerativos. En esta línea, científicamente ha constituido un gran éxito el que el grupo de Ana María Cuervo haya podido desarrollar un ratón transgénico en el que se ha reducido drásticamente la acumulación de las proteínas con la edad.

Ana María Cuervo está considerada actualmente como una de las mejores especialistas mundiales en el campo de la degradación de proteínas, habiendo recibido en los últimos años distinciones científicas muy importantes como el Benson Award in Cell Biology del 2005, el Nathan Shock Memorial Lecture Award del 2006, el Howard Hughes Junior Faculty Start-Up Award o el Ellison Medical Foundation New Scholar Award sobre envejecimiento.

AUTOFAGIA Y PARKINSON • Autofagia es una expresión derivada de las raíces griegas auto (uno mismo) y phagos (comer). Se trata de un mecanismo de degradación celular, mediante el cual en el citoplasma de las células se secuestran las estructuras o moléculas dañadas, usando para ello vesículas de doble membrana llamadas autofagosomas, que son transportadas hasta las membranas de los suborgánulos degradativos lisosomas, fundiéndolas con ellos, dando lugar a autolisosomas (ya de membrana simple) sobre los que pueden actuar las enzimas hidrolíticas de descomposición. En los mamíferos, la autofagia es un proceso que juega un papel importante en el crecimiento celular, proliferación, diferenciación, desarrollo, homeostasis y respuesta inmune contra patógenos.

Este proceso de limpieza, sobre todo de proteínas, es especialmente importante en las células nerviosas, que son capaces de generar moléculas dañadas mucho más rápidamente que la mayor parte de otros tipos de células. Por ello, si la autofagia no es eficaz se acumulan los compuestos tóxicos y se ocasiona la muerte celular y ello se ha relacionado con la causa de distintas enfermedades neurodegenerativas.

En el caso del Parkinson, según la Dra. Cuervo “Hasta ahora se sospechaba que la acumulación de una proteína, llamada *sinucleína alfa*, que afectaba a las neuronas de pacientes del mal de Parkinson contribuía a la muerte de las neuronas”. Incluso, algunas de sus investigaciones anteriores habían mostrado que las formas mutantes de sinucleína alfa, que se encuentra en una proporción de entre el cinco y el diez por ciento de los pacientes de

Parkinson, son malamente digeridas en la autofagia y también bloquean la disolución de otras sustancias, ocasionando algunos de los signos de la enfermedad (temblores).

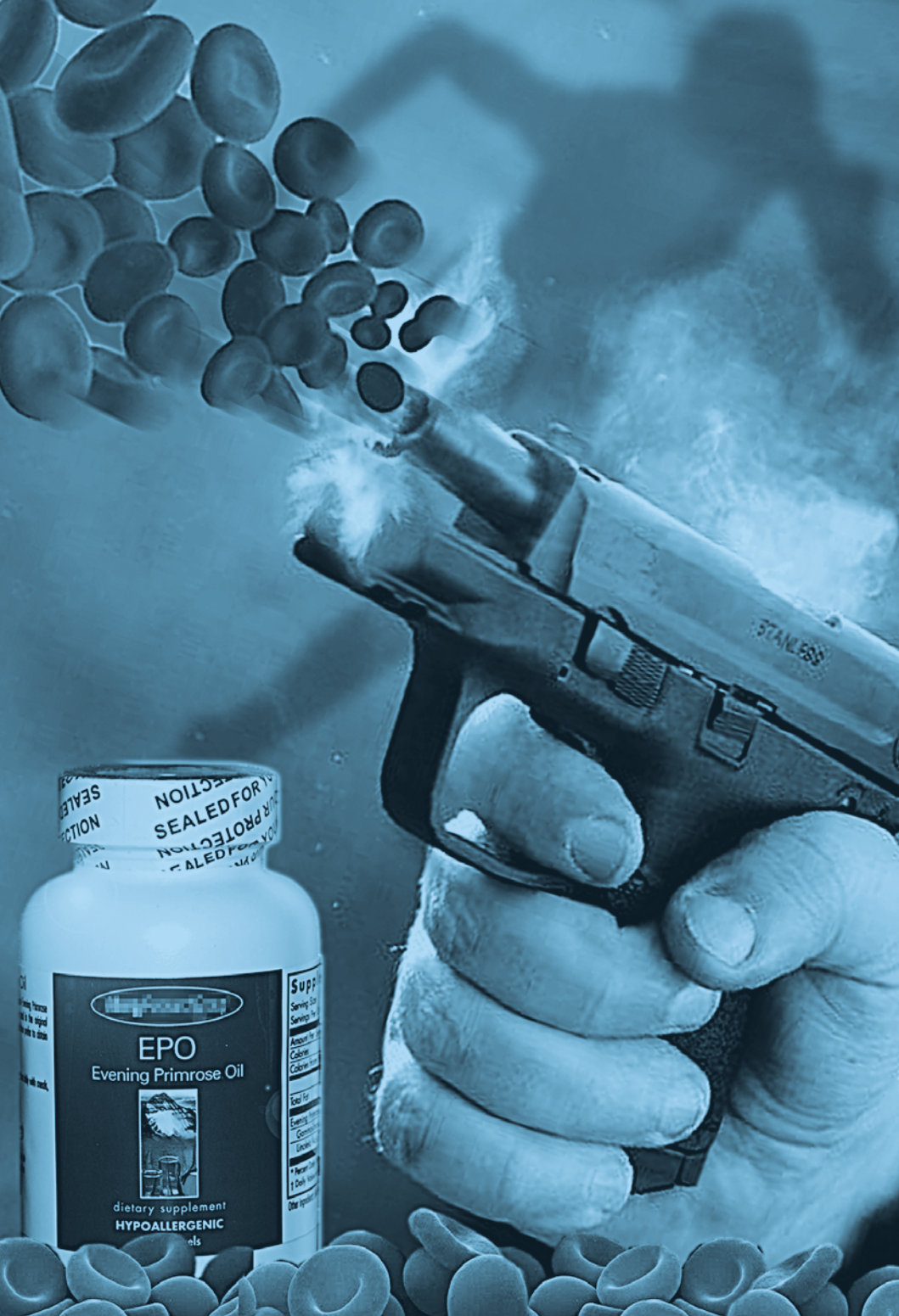
Ahora, lo que ha comprobado es que la combinación entre el neurotransmisor dopamina, característico de las neuronas dañadas por el Parkinson, y la sinucleína alfa hace que en los pacientes esta última molécula se comporte como si fuese la mutada, convirtiéndose en el factor responsable de una inhibición de la necesaria autofagia e impidiendo la degradación tanto de la propia sinucleína alfa como de la de otros compuestos peligrosos, todo lo cual explicaría la muerte selectiva de las neuronas que se producen en el Parkinson así como sus temblores característicos. Es decir que la causa del Parkinson radicaría fundamentalmente en una dificultad para eliminar las proteínas anormales.

ESPERANZAS • Aunque el conocimiento del origen de un problema, es un punto de partida para buscar una solución acertada, se cree que quedará todavía un largo camino antes de poder desarrollar un fármaco específico contra esta enfermedad, al menos para mitigar sus efectos, que esté basado en la estrategia de reforzar la autofagia o suprimir sus impedimentos. Según los investigadores, “La esperanza es que dentro de cinco años existan compañías trabajando para la búsqueda de un fármaco que logre activar este sistema”.

Por otra parte, las investigaciones del equipo de la Dra. Cuervo también han encontrado que existen signos de interferencia con la autofagia vinculados a otras enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y la enfermedad de Huntington, aunque los mecanismos específicos que producen el problema en esas dolencias puedan ser diferentes.

Finalizamos con dos comentarios: Primero, la gran interrelación biológica existente entre los diferentes campos de investigación lo que es patente con el grupo que lidera la Dra. Cuervo, cuyas líneas principales de investigación son la de la autofagia mediada por chaperonas y el envejecimiento y la degradación proteínica. De un modo natural ello les ha llevado a estudiar la relación de la autofagia con el neurodesarrollo, las enfermedades de Parkinson, Alzheimer o Huntington o las razones de la longevidad en ciertas especies. El segundo comentario, que el de la Dra. Cuervo es un ejemplo más del potencial científico de nuestros universitarios. No tiene sentido que España invierta sus recursos en formarlos y que luego no sea capaz de aprovecharlos. Y no por falta de medios sino por incapacidad política de tomar las decisiones adecuadas. Por ejemplo, existen comunidades autónomas que con los recursos que dedican a la dudosa aventura de mantener una televisión propia innecesaria podrían financiar

el funcionamiento de más de 600 grupos investigadores de excelencia. Y, de ser así, no cabe duda que los resultados, en pocos años sanearían y transformarían positivamente su entorno socioeconómico, tecnológico e industrial.



NOISE PROTECTION
SEALED FOR YOUR PROTECTION
NOISE PROTECTION
SEALED FOR YOUR PROTECTION



EPO
Evening Primrose Oil



dietary supplement
HYPOALLERGENIC
pills

Supp
Serving Size
Serving Per Container
Amount Per Serving
Calories
Calories from Fat
Total Fat
Evening Primrose Oil
Contains
*Necessary for
1 Daily
Other ingredients

¿MATA LA ERITROPOYETINA?

Dr. Cristóbal Belda Iniesta
Hospital Ramón y Cajal. Madrid

PRESUMIBLEMENTE, PARA BASTANTES LECTORES EL NOMBRE DE ERITROPOYETINA evoca los de dopaje, escándalos ciclistas, Pantani, etc. Efectivamente, como el metabolismo del ejercicio continuado es aerobio, es decir, depende del oxígeno, una de las limitaciones más importantes para incrementar el rendimiento físico es precisamente la de aumentar el oxígeno transportado en la sangre por los glóbulos rojos hasta los órganos y tejidos, como el corazón o los músculos. Y la hormona eritropoyetina (EPO) es una glicoproteína cuya función más conocida es esa, el aumento de la masa total de glóbulos rojos (eritropoyesis). En esta colaboración trataremos otro tema, de gran actualidad, sobre el uso de la EPO en pacientes cancerosos.

USO • La utilización biomédica de la eritropoyetina es muy importante y se ha facilitado tras lograrse su producción biotecnológica industrial. Aparte de lo ya indicado, la eritropoyetina está implicada en promover la supervivencia celular bajo condiciones de baja concentración de oxígeno (hipoxia) y en la fabricación de nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis). Por ejemplo, los pacientes con anemia asociada a los tratamientos específicos del cáncer se benefician de su uso desde hace más de una década reduciendo las necesidades de transfusiones y mejorando la calidad de vida de estos pacientes.

Sin embargo, mientras los datos clínicos amparaban el uso de EPO en ciertos pacientes con cáncer, un grupo de científicos estudiaba los mecanismos íntimos por los que la EPO actuaba sobre las células, para lo cual, como en todas las hormonas, es preciso su unión a un receptor específico que han de poseer las células sobre las que ejercerá su acción. Tras analizar los lugares donde podía existir el receptor de EPO se encontraron con la sorpresa de que en la mayoría de los tejidos humanos existía el receptor por lo que la actividad de esta sustancia podía ser mucho más variada de lo que inicialmente se suponía.

Mientras tanto, muchos investigadores médicos no tenían duda alguna acerca de la efica-

cia de la EPO y se lanzaron a realizar estudios en los que se pretendía evaluar si podíamos administrar más dosis de EPO a más pacientes, incluso sin anemia o sin tratamiento con quimioterapia. Como algunos datos obtenidos de estudios en los años 80 sugerían que la anemia era un factor que aumentaba la mortalidad en los pacientes con cáncer, si esto era así, una vez que resolviéramos la anemia o evitáramos que ésta apareciera, nuestros pacientes vivirían mucho más. Por ello se diseñaron investigaciones en las que se cuantificaría el aumento de supervivencia asociado al mantenimiento de los niveles de hemoglobina dentro de márgenes normales.

PROBLEMAS • Un dato preocupante fue encontrar que también existían receptores de EPO en muchos tumores. Tanto fue así que en 2003 un grupo japonés sugirió que como nuevo tratamiento del cáncer lo que se debería hacer no es solo no suministrar EPO sino explorar los resultados del bloqueo de la actividad de su receptor.

Más inquietante fue que, en septiembre de 2003, la prestigiosa revista británica LANCET publicó unos primeros datos indicativos de que el uso de EPO aumentaba la mortalidad de los pacientes de cánceres que no tienen anemia. El verano siguiente, se obtuvieron datos similares en mujeres con cáncer de mama. A partir de ahí, se han publicado otros resultados parecidos. Tanto es así, que a principios del año 2007 el vicepresidente de una de las empresas que comercializa la EPO confirmaba tales datos el mismo día en que ofrecía los resultados de beneficios de su compañía y la noticia saltaba a los medios de comunicación públicos tras ser recogida por el New York Times. Algunos periódicos españoles se hacían eco de ello a la vez que se publicaban nuevos resultados negativos en pacientes con cáncer de pulmón.

Finalmente, la importantísima FDA americana convocó a las tres empresas que comercializan las tres versiones de EPO que hay en el mercado para analizar los datos de seguridad que poseen. La relevancia es grande, dada la facturación mundial de EPO y las implicaciones biomédicas de su utilización.

INVESTIGACIÓN • ¿Qué subyace bajo este embrollo? Más aún, cuando recientemente ha aparecido otro estudio diferente que no ha encontrado impacto alguno en la supervivencia. La realidad es que, hasta ahora, muchos médicos hemos venido empleando EPO dentro de las indicaciones establecidas por los estudios de los años 90 sin que hayamos obser-

vado que el pronóstico de nuestros pacientes fuese distinto, aunque con la eritropoyetina lo que si se ha mejorado mucho ha sido su calidad de vida.

Dos aspectos a evaluar en este tema serían el del diseño y el de la plausibilidad biológica de los hallazgos inquietantes publicados. Creemos que las investigaciones de otros grupos y la del nuestro pueden ser esclarecedoras al respecto.

En primer lugar hay que tener presente que la EPO resuelve los niveles de hemoglobina sin restaurar el alterado equilibrio químico que, subyacente a la interacción tumor-huésped, es responsable de multitud de efectos sobre el paciente, entre ellos la anemia, por lo que es demasiado aventurado considerar que al modificar un factor de mal pronóstico (en este caso la anemia) se resolverían las causas íntimas que generan este factor.

Por otro lado, muchos autores han relacionado el aumento en la mortalidad obtenido en estos ensayos clínicos con la presencia de receptores de EPO en las células tumorales. Nuestros datos con pacientes que nunca han empleado EPO también demuestran que el receptor de EPO está presente en las células tumorales sin necesidad de recibir EPO. Además existen otros factores a tener en cuenta: las propias células tumorales producen EPO generando un bucle autocrino, que no se modifica en presencia de la EPO empleada en los ensayos clínicos; la mayoría de las células tumorales sólo crecen en presencia de EPO cuando la concentración de ésta es 100 veces más elevada que la que emplearíamos en la práctica clínica. Todo ello sugiere que aunque el sistema EPO está normalmente presente en estos tumores quizá los componentes del sistema difieran algo de los de los glóbulos rojos.

La explicación más verosímil de lo que está ocurriendo sería un problema conceptual sobre estructuras de receptores, isotipos de proteínas y fundamentos básicos del diseño experimental. Desde nuestro punto de vista, por ahora no existe inquietud alguna para el uso de EPO bajo las condiciones establecidas en los estudios de los años 90, es decir, para pacientes con cáncer y anemia que estén en tratamiento con quimioterapia. En estos casos lo deseable y esperable es que con su uso se reducen las necesidades de transfusión y que exista una mejoría en la calidad de vida.

Respecto al efecto sobre la supervivencia posiblemente aún no existen estudios con diseños correctos que nos permitan conocer bien la situación. Más aún, en el diseño de los ensayos clínicos que han provocado esta controversia es posible percibir un fondo especulativo que podría afectar a los resultados.

POTENCIA SEXUAL, ESBELTEZ Y BRONCEADO

NO SE TRATA DE UN SUPERFICIAL PROGRAMA DE DESEOS PARA UN PRÓXIMO VERANO. Tampoco de una trilogía de los más sublimes valores que caracterizan a muchos *famosillos* y *famosillas* de bastantes de los programas más vistos de TV. Y, posiblemente, haya que esperar algunos años para que ciertos fármacos que se están investigando puedan producir esos tres efectos, tanto en hombres como en mujeres.

Lo que intentaremos en esta colaboración, al hilo de esos términos, es el análisis de algunos aspectos relacionados con la acción hormonal y sus receptores, en concreto de la hormona conocida como alfa-MSH u hormona estimulante de melanocitos, que potencia esas células de la piel, dentro de las cuales, en unos orgánulos denominados melanosomas, se biosintetizan los pigmentos de melanina responsables del bronceado.

HORMONAS • Bastantes hormonas pueden producirse en unas células o tejidos pero ejercer su acción en otros distantes, sin necesidad de penetrar en las células. Para conseguirlo se valen de que las superficies celulares cuentan con proteínas específicas para cada hormona, los receptores, capaces de reconocerlas, sufrir un cambio y trasladar un mensaje metabólico al interior celular, modulando alguno o algunos procesos metabólicos que tienen posibilidad de ocurrir allí. Debido a la variedad de hormonas existentes (algunas pertenecientes a una misma familia o grupo químico), a la diversidad cualitativa y cuantitativa de receptores para cada hormona en las células de los diferentes tejidos y órganos, y a que en cada uno de estos son posibles o imposibles procesos metabólicos determinados, ello significa que una hormona puede provocar diferentes resultados (incluso contrarios) según sea el lugar donde actúa. Por ejemplo, la adrenalina, según los casos puede ser un relajante o un excitante muscular.

También debemos tener en cuenta que podemos diseñar y sintetizar moléculas químicamente parecidas a la de la hormona natural. ¿Cuáles serán sus efectos? Todo puede ocurrir. Las sustancias *agonistas* suplantando a la hormona en su unión al receptor y éste puede ser esti-

mulado incluso más que con la propia hormona, produciendo resultados más intensos que con la propia hormona. En las *antagonistas*, bloqueadoras del receptor, ocurre lo contrario.

MELANOCORTINAS • La alfa-MSH es una hormona perteneciente a una familia de hormonas peptídicas (compuestas de unos pocos aminoácidos) conocidas como melancortinas (MC). Todas se originan a partir de la misma proteína precursora, la proopiomelanocortina (POMC), mediante diferentes procesamientos, dando lugar a diferentes hormonas MSH (alfa, beta y gamma) así como a la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). Se conocen diferentes receptores específicos para las melancortinas (los MCR) situados en las membranas de las células de diversos tejidos: MC1R controla la pigmentación, MC2R la biosíntesis de esteroides adrenales, MC3R es discutido, MC4R el apetito y la saciedad, y MC5R las secreciones glandulares de la piel y las feromonas. Surgió una sorpresa cuando se comprobó la existencia de receptores MCR en el cerebro que podían regular la actividad sexual, localizados en el núcleo paraventricular del hipotálamo, una zona asociada con el comportamiento sexual.

En los humanos también se ha comprobado que la presencia de alfa-MSH en algunas zonas del cerebro puede actuar como agente supresor del apetito y se sabe que algunos casos de obesidad extrema tienen lugar en sujetos con mutaciones en el receptor MCR cerebral de alfa-MSH, por lo que quedan incapacitados para responder a la acción supresora del apetito de la hormona.

Ya están, pues, dispuestos los elementos del juego, es decir: 1) la existencia de una serie de receptores, estimulables por melancortinas y 2) que pueden controlar procesos fisiológicos tan diferentes como la melanización, el deseo sexual y el apetito. Inmediatamente los científicos tenían que preguntarse: ¿sería posible diseñar y sintetizar en el laboratorio *agonistas* de la alfa-MSH con más potencia que la hormona natural y reconocibles por los diversos MCR de modo que se consiguieran estimular los procesos regulados por esos receptores, bien separada o conjuntamente? Bioquímicos de la Universidad de Arizona encontraron la respuesta.

ARIZONA • En el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Facultad de Medicina de Murcia desde hace muchos años venimos desarrollando una línea de investigación sobre melanización y receptores de melanización, por lo que solemos tener un fluido intercambio con otros grupos internacionales relacionados, entre ellos algunos ubicados en la

Universidad de Arizona. Pasivamente, hemos participado en un par de anécdotas relacionadas con el tema de hoy. En el año 1996 recibíamos una alborozada carta de esa Universidad, desde Tucson, relatando los logros del equipo dirigido por el Dr. MacHadley, catedrático de Anatomía, con unos análogos de alfa-MSH sintetizados por el Dr. Hruby, que según unos primeros ensayos mostraban una alta eficacia en corregir la disfunción eréctil y potenciar la sexualidad tanto en animales como en humanos. Pocos años después, en un congreso de melanización celebrado en Washington uno de los miembros del equipo investigador de Arizona que, por lo visto realizaba autoensayos, no demasiados controlados, contaba al resto de congresistas su alarma y sorpresa cuando en un aseo comprobó que su miembro viril se había bronceado en demasía.

Todo se había iniciado con una investigación básica, la síntesis de análogos de la alfa-MSH. Uno de estos, el melanotan II, mostró un fortísimo efecto pigmentante pero, sorprendentemente, los hombres que lo ensayaron también experimentaron efectos erectogénicos. El paso siguiente fue realizar una pequeña modificación molecular que condujo a la sustancia PT-141 con gran eficacia potenciadora sexual tanto en hombres como en mujeres. Anecdóticamente, en una ocasión, otro investigador dijo haber sufrido una erección que duró 8 horas y media.

James Watson, el premio Nobel codescubridor de la doble hélice del ADN, con motivo de una visita a Tucson quedó tan fascinado por toda la historia que poco después daba una conferencia en el London's University College Hospital, recogida en la revista BRITISH MEDICAL JOURNAL, en la que imaginativamente e inteligentemente entrelazaba las bases bioquímicas de estos procesos para referirse a cosas tan variadas como: utilizaciones anticancerígenas en piel; la posible relación entre MSH, felicidad y *latin-lovers*; la pasión nudista de los escandinavos; apetito, sensualidad y las mujeres pintadas por Rubens; gordura, endorfinas y felicidad; incremento de peso poblacional y reducción de criminalidad, etcétera.

La situación actual de la investigación sobre el uso médico de las melanocortinas queda reflejada en un número de la revista CURRENT TOPICS IN MEDICINAL CHEMISTRY, enteramente dedicada a ello. A lo largo de 13 artículos, conocemos, por ejemplo, la finalización con éxito de los ensayos clínicos de fase II con el PT-141 o bremelanotide, inhalado nasalmente, con el comienzo inmediato de los ensayos clínicos de fase III, tanto en hombres como en mujeres, confiándose que esté aprobado para su uso humano en un par de años. Otras esperanzas se basan en los actuales ensayos en fase II del melanotan-I para activar el bronceado y la prevención del cáncer cutáneo o en el uso ya iniciado de otra melanocortina, CUV1647, para tratar diversas fotodermatosis y otras enfermedades cutáneas.

HOMEOPATÍA, ¿CIENCIA?

EN UN EDITORIAL DE LA REVISTA NATURE se mostraba la siguiente cuestión procedente de un examen realizado a estudiantes de medicina en el University College London, en 1863: “Describe la preparación de Azufre usado para curar las picaduras de insectos. Indique los métodos de aplicación”. A continuación una segunda cuestión: “Psorinum y Azufre son remedios psóricos. Comente los modos en que los síntomas de estos remedios reflejan su naturaleza miasmática”. ¿Se trataba del mismo examen? Lo realmente sorprendente es que el segundo caso está extraído de un examen de un *curso de homeopatía*, en el año 2005, en la Universidad Westminster de Londres.

La realidad es que la homeopatía va ocupando terreno en cursos, master e incluso grados universitarios. Pero, ¿se trata de una verdadera ciencia, cómo defienden sus seguidores, o es una pseudociencia, cómo alegan los defensores de la medicina basada en la evidencia?

HAHNEMANN • Lo cierto es que la homeopatía es una práctica seguida por millones de personas en el mundo. La homeopatía se basa en la *Ley de la Similitud* —una sustancia sirve para curar una enfermedad si causa los mismos síntomas que la enfermedad— y la *Ley de los Infinitesimales*, según la cual, cuanto más pequeña es la dosis de la sustancia administrada (muy diluida y agitada), mayores son los efectos en el paciente. La tercera máxima homeopática es que no hay enfermedades, sino enfermos, por lo que todo tratamiento debe ser personal e intransferible, aunque esto no case bien con la producción en serie de preparados homeopáticos y su venta en masa en farmacias.

El origen de la homeopatía se fija en 1810, con el médico alemán Samuel Hahnemann (1755-1843) y su tratado *ORGANNON DER RATIONELLEN HEILKUNDE* (el arte de la medicina racional). A pesar de la oposición ejercida por muchos médicos y farmacéuticos Hahnemann fue profeta en su propia época, ya que a mitad del s. XIX la homeopatía era ya practicada en la mayor parte de Europa, Estados Unidos y Rusia, y pronto llegaría a Latinoamérica. Durante el siglo XIX se difundió ampliamente en Estados Unidos y se le atri-

buyó el mérito de reducir en dos tercios la mortalidad de fiebre amarilla durante la epidemia de 1878, con cifras similares para el cólera epidémico de 1854 en Londres.

Tras la muerte de Hahnemann la homeopatía declinó. La oposición a la homeopatía fue la razón principal de la fundación de la Asociación Médica Americana, en 1846 y, en 1910, el Flexner Report inició la estandarización de la educación médica, eliminando casi todas las instituciones homeopáticas. Posteriormente, el auge de la biomedicina fue un factor fundamental en el ocaso de la homeopatía que cayó precipitadamente en los Estados Unidos y algo menos en Europa.

Sin embargo, en las últimas décadas resulta notable su resurgimiento. La homeopatía se prescribe ampliamente en Alemania y Francia, un 40% de los médicos holandeses emplean homeopatía y basta observar las estanterías de nuestras farmacias para percatarse de la situación en España. En una reciente encuesta realizada a través de un portal de Internet se ofrecían diversas alternativas de elección: un 42% contestaron que era una especialidad médica, como la Alergología o la Cirugía; otro 42% que la respetaban que puede ser útil, pero que era Medicina Alternativa por muchos motivos y solo un 16% que su utilidad se basa en la sugestión, que es un placebo o que carece de utilidad.

AVOGADRO • La ley de Avogadro, publicada inicialmente como una hipótesis en 1811 y confirmada experimentalmente por Millikan, en 1909, establece que un mol (una medida química) de cualquier sustancia contiene aproximadamente unas 600.000 trillones de unidades atómicas o moleculares. La homeopatía utiliza disoluciones muy diluidas de modo que, a veces, estadísticamente, en el volumen ingerido de la preparación no existe ninguna molécula del principio activo homeopático, si éste se ha diluido más de un millón de trillones de veces. Es decir, que una dilución más allá de 24D o 12c (en términos homeopáticos) no tiene una sola molécula o átomo del compuesto original.

Para salvar la situación, los abogados de la homeopatía hablan de conceptos como la *dinamización* o la *memoria del agua*, sosteniendo que esta memoria se activa cuando agitan después de cada una de las sucesivas diluciones. El agua, de algún modo *recuerda* las propiedades químicas de las moléculas que alguna vez estuvieron en contacto con ella y se *dinamiza*.

Desde luego, la investigación empírica no confirma esa hipótesis. La única investigación que intentó avalarla, la del biólogo marino Jacques Benvenistes, fue fácilmente desacreditada científicamente y se comprobó que fue financiada por una empresa homeopática. Vicente

Prieto, otro biólogo marino, recordaba al respecto que el agua no surge de la nada, sino que tiene un ciclo en el que pasa por la atmósfera, se filtra por las rocas y entra en contacto con miles de sustancias, preguntándose: “¿Es que sólo recuerda los buenos elementos que hemos echado en ella, en un momento determinado?”. “Pensar que el agua tiene memoria y que, además, puede seleccionar aquello que más le conviene al enfermo resulta alucinante. Es concederle al agua memoria, bondad, conocimientos médicos e inteligencia. Si al agitar un vaso se activasen los compuestos con los que ese agua ha tenido contacto –incluidos venenos y productos radiactivos–, caeríamos fulminados tras beberlo”. Como demostración llamativa de esta posición crítica, hace pocos años una veintena de científicos belgas protestaron porque las aseguradoras de su país incluyeran la homeopatía entre sus servicios médicos protagonizando un *suicidio homeopático*, para el que ingirieron públicamente dosis homeopáticas de un cóctel de venenos: belladona, arsénico, veneno de serpiente, etc. No les pasó nada.

CIENCIA • El mundo científico, los defensores de la Medicina, basada en la evidencia, se asombra ante el avance de la Homeopatía, incluso dentro de las instituciones científicas, recordando unas palabras de Mario Bunge, el indiscutible filósofo de la Ciencia, escritas en un contexto más general “... muchas universidades han sido infiltradas, aunque no tomadas todavía, por los enemigos del aprendizaje, el rigor, y la evidencia empírica... No se trata de pensadores heterodoxos originales; ignoran o incluso desdeñan el pensamiento riguroso así como la experimentación... se les permite enseñar basura en nombre de la libertad académica, y ven publicados sus detestables escritos en revistas y editoriales universitarias. Además, muchos de ellos han adquirido suficiente poder para censurar el estudio genuino. Han instalado un caballo de Troya en la ciudadela academia con la intención de destruir desde dentro la cultura auténtica”.

Entre las publicaciones e instituciones prestigiosas que últimamente han reclamado la necesidad de exponer claramente la situación se encuentran la revista Lancet, el ECSO (Congreso Escéptico Europeo), la IAU (Unión Astronómica Internacional) que se ha negado a dar el nombre de Hahnemann a un asteroide, SCIENCE, NATURE, y un largo etcétera.

MITOS MÉDICOS

SEGÚN LA ACADEMIA DE LA LENGUA, EL CONCEPTO DE MITO POSEE VARIAS ACEPCIONES. Hoy nos vamos a referir al caso concreto de la segunda posibilidad, que indica que con un mito se describe lo que realmente es una cosa dándole apariencia de ser más valiosa. En el campo biomédico existen bastantes mitos. De algunos de ellos se han ocupado hace unos días, en una comunicación realizada a la prestigiosa revista BRITISH MEDICAL JOURNAL, dos pediatras americanos de la Universidad de Indiana, provocando un grado de respuestas entre los profesionales que van desde la más calurosa aprobación a las calificaciones más duras. Nosotros intentaremos buscar un punto equilibrado.

MITOS • Los investigadores americanos han analizado, buscando si existe o no existe justificación para ellas, siete creencias que suelen estar arraigadas no sólo en la población general sino también en los profesionales de la salud, ya que según la Dra. Vreeman, una de los coautores del trabajo, “Nos dimos cuenta de que en la comunidad médica circulan muchas ideas que realmente nunca habían sido comprobadas... Así que decidimos lanzar este estudio como un ligero recordatorio...de que no debemos creer algo sólo porque lo hemos escuchado anteriormente”.

El listado escogido de los posibles siete mitos fue el siguiente:

- Es bueno beber mucha agua, hasta 8 vasos diarios.
- Comer pavo produce somnolencia.
- Usualmente sólo utilizamos un 10% de nuestro cerebro.
- El afeitado hace que el pelo crezca más rápidamente y sea más fuerte.
- Tras la muerte el cabello y las uñas siguen creciendo.
- Leer con luz escasa arruina la visión.
- Los teléfonos móviles causan peligros en los hospitales.

ALIMENTOS • Los dos primeros epígrafes de la lista tienen relación con nuestra alimentación. En el caso del agua su origen puede datarse a una serie de recomendaciones publicadas en el año 1945 indicando la conveniencia de una ingesta diaria de 2,5 litros de agua o de 1 ml por cada Kcal consumida/gastada, pero también se indicaba que la mayor parte de esa cantidad de agua ya se encuentra presente en nuestros alimentos normales. Pero, mientras que la primera parte del consejo tuvo amplia difusión, hubo un olvido generalizado de la afirmación final. En todo caso, aparte de otras publicaciones, en el año 2002, la revista AMERICAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY invitó a realizar una revisión del tema al Dr. Heinz Vance. La conclusión es que, en muchos casos, todo el agua que necesitamos podemos obtenerla de los alimentos y bebidas que consumimos normalmente. Por tanto, “no es que necesitemos tomar agua pura, lo que necesitamos es tener líquido en nuestra dieta... nuestro cuerpo es muy eficiente en regular cuánta agua necesitamos y por ello nos indica cuando tenemos sed y debemos ingerir más agua”. En resumen, tomemos suficiente agua en nuestros alimentos y, si nos apetece, bebamos también agua sola, pero no forcemos la cantidad que ingerimos de la misma.

La relación entre la ingesta de pavo (frecuente en las celebraciones navideñas) y la somnolencia, el efecto se le achaca al alto contenido de su carne en el aminoácido triptófano ya que éste ha llegado a comercializarse como una ayuda contra el insomnio. Sin embargo, la realidad es que el contenido de triptófano en pavo, pollo o ternera (unos 300 mg por 100 gramos) es inferior a las cifras correspondientes al cerdo o queso. En todo caso son las comidas copiosas, ricas en carbohidratos, proteínas e, incluso alcohol, las que provocan una reducción del flujo sanguíneo y de la oxigenación en el cerebro, originando la somnolencia. Pero la culpabilidad no es de las proteínas del pavo, sino del exceso de acompañamiento.

FUNCIONES • Los tres siguientes epígrafes tienen conexiones más fisiológicas. Se atribuye (falsamente) a Einstein la afirmación de que nuestro cerebro lo utilizamos en menos del 10%. Lo cierto es que la idea comenzó a divulgarse hacia 1907, que es una creencia muy divulgada, que ha sido muy usada para justificar métodos y cursos de desarrollo cerebral y que se viene transmitiendo desde hace algunas generaciones. ¿Qué hay al respecto? La contestación de la Dra. Vreeman es contundente: “¡Falso!, a pesar de que nos gustaría que fuera cierto porque entonces la gente pensaría que no ha alcanzado todo su potencial cerebral”. La cuantía de la actividad cerebral se puede deducir de los estudios de imágenes computacionales, escáneres

de resonancia magnética, estudios metabólicos, análisis neuronales, etc. y, en todos los casos, se demuestra la inexistencia de zonas cerebrales inactivas sin función. No hay ninguna zona cerebral que sea totalmente inactiva. Sin embargo, en mi opinión, habría que ser más prudente para pretender incluir como un mito la afirmación de que sólo usamos una parte de nuestra potencialidad funcional cerebral, porque un tema es que una región cerebral esté o no activa y otro diferente es el grado de rendimiento que podemos obtener de la actividad cerebral de una determinada zona.

Lo que parecería en principio incuestionable es que el cabello y las uñas continúan creciendo después de la muerte. Muchos de nosotros creemos haber tenido experiencias visuales al respecto. Una ingeniosa frase de Johnny Carson señala que “Tres días tras la muerte el pelo y las uñas aún siguen creciendo, pero el teléfono móvil se ha apagado”. La realidad científica es que ello es falso, que se trata de una ilusión óptica causada porque tras la muerte se produce una deshidratación y retracción de la piel con lo cual quedan visibles mayores cantidades de cabello o uñas, pero no existe crecimiento real, un fenómeno necesariamente ligado a la vida que requiere un complejo sistema de regulación hormonal que deja de funcionar en el momento de la muerte.

¿Y tampoco es cierto que el rasurarse favorece que el pelo crezca más áspero y más rápido? Aunque esta creencia esté tan difundida, hace 80 años, en el año 1928, ya se realizaron ensayos clínicos que demostraron que el afeitado no tenía influencia sobre la velocidad de crecimiento del cabello. Muchas investigaciones posteriores han corroborado esos resultados. Lo que sucede es que tras un afeitado el pelo que brota carece del extremo fino delgado que si posee el pelo sin rasurar, con lo que la ilusión creada lleva a la conclusión de que el nuevo pelo naciente es más grueso y áspero.

La recomendación final que hacen los autores del trabajo MITOS MÉDICOS va dirigida a los médicos, recordándoles que en su relación con sus pacientes, desde una posición de autoridad como la que tienen, deben ser precavidos en las recomendaciones que cuenten con escasas bases científicas de respaldo y ser conscientes de la necesidad de una evaluación constante de la validez de sus conocimientos.





ÉXTASIS, GRASAS Y MUERTE

LA PRESTIGIOSA REVISTA BRITISH JOURNAL OF PHARMACOLOGY, del grupo NATURE, publicó un artículo con el título (traducido) de *Influencia de las grasas de la dieta en la hipertemia inducida por éxtasis*. Bajo este título, científico y aparentemente inocuo, se esconde un resultado preocupante: una dieta rica en grasas acrecienta enormemente los peligros de muerte de los consumidores de *éxtasis*. Varios millones de personas, sobre todo jóvenes, usan esta droga, sobre todo en fines de semanas, en *macrofiestas, rutas rave* y *rutas del bacalao*.

HISTORIA • El éxtasis es la 3-4 metilendioxi metanfetamina, abreviadamente MDMA, sustancia sintética perteneciente al grupo de las fenetilaminas, emparentada estructuralmente con el alcaloide mescalina, y derivada química de la metanfetamina. Está muy relacionada con el MDA (metilendioxi anfetamina), un compuesto precursor, con efectos fisiológicos similares.

Sintetizada accidentalmente, en 1912, por químicos alemanes de la Merck, con el propósito de usarla como producto inhibidor del apetito, ante sus efectos laterales, la empresa nunca comercializó la MDMA. Se dice que en 1953, el ejército de los Estados Unidos, en forma secreta, probó el MDMA bajo el nombre de EA-1457 como *agente experimental*, en monos y perros, en su arsenal de EDGEWOOD en Maryland, comprobando su toxicidad.

Su papel como psicofármaco se describió en 1957, cuando el científico estadounidense Gordon Ales comunicó su experiencia personal con el producto. En los Estados Unidos el primer uso de la MDMA apareció en los años sesenta en plena cultura psicodélica, junto con otras anfetaminas. En los 70, un grupo empresarial de California se puso como objetivo resucitar, distribuir y promocionar al que para ellos era *el Bebé del Millón de Dólares*.

La primera comunicación científica sobre efectos fisiológicos en seres humanos se hizo en 1976 por el químico y farmacólogo Alexander Shulgin. Fue en esa época cuando la prensa *underground* traspasó desde la MDA o *pildora del amor* el nombre de *éxtasis* a la MDMA. Entonces, el laboratorio que producía MDMA ya estaba distribuyendo alrededor de 10.000 dosis por mes, cifra que, en 1985, cuando la FDA la colocó en la lista de sustancias controla-

das y se cerraron los laboratorios legales productores, ya había alcanzado el millón y medio de dosis mensuales.

El aumento de su uso en Europa, en los 80, estuvo asociado a la expansión de ciertas formas musicales y subculturales juveniles (*acid house* y *rave*) así como a la proliferación de espacios como las macrodiscotecas. En España, la irrupción masiva se remonta a 1987, cuando fue decomisada en Ibiza una importante cantidad de *pildoras del amor*.

Los suministradores suelen adulterar la sustancia activa con otras como PCP, metanfetaminas, ácido, heroína, ketamina o DXM, dextrometorfán. También son usuales las mezclas con otras anfetaminas con parecido químico y farmacológico (MDEA, MDA y MBDB) y con otras sustancias, casi todas ellas alucinógenas, que sí generan adicción física y que combinadas con el MDMA pueden llegar a ser altamente peligrosas.

SALUD • El mecanismo principal de acción del MDMA es el de ser agonista directo de los receptores neuronales presinápticos de serotonina. De esta manera, el MDMA induce la liberación de estos neurotransmisores, desde las vesículas en las terminales presinápticas de las neuronas, hacia el espacio sináptico, propagando la señal por toda la red neuronal. Estos cambios neuroquímicos se manifiestan fisiológicamente, con unos primeros síntomas de euforia, sensación de autoestima aumentada, desinhibición, deseo sexual, apertura afectiva, percepción de sonidos, comunicación desinhibida y empatía (*entactogénesis*).

Sin embargo, la interacción del éxtasis con los neurotransmisores que regulan funciones como el humor, la emoción, el aprendizaje, la memoria, el sueño y el dolor pueden conducir posteriormente a descontroles en el consumidor, con la posibilidad de consecuencias de descontrol corporal y falsas sensaciones, traducibles en efectos como confusión, inquietud, agobio, depresión, problemas para conciliar el sueño, deseos de consumir drogas o dependencia, ansiedad severa y paranoia. También se han descrito multitud de síntomas físicos y psíquicos: tensión muscular, apretar los dientes y la mandíbula involuntariamente, náuseas, visión borrosa, movimiento ocular acelerado, hipertermia, desmayos, escalofríos, transpiración o aumento, a veces peligroso, de presión arterial, taquicardias, respiración y nerviosismo.

Más grave han sido los resultados de investigaciones realizadas a partir del 1998 y publicadas en revistas como LANCET (1998), NEUROLOGY (1998), ARCHIVES OF GENERAL PSYCHIATRY (2001) y otras, sobre el claro daño que la droga causa a determinadas células cerebrales afectando a la memoria y al cerebro.

CALOR • Era conocido que el riesgo más inmediato que tiene un consumidor de éxtasis al tomar las pastillas es el golpe de calor. Suele bailar durante horas, se deshidrata, la falsa sensación de fuerza anula los mecanismos de alarma del organismo y la euforia hace pensar que todo es posible, pero el éxtasis altera el sistema termorregulador y la temperatura corporal se dispara. El consumidor olvida hidratarse y ventilar el cuerpo, menospreciando la importancia de esto, dado que la droga puede inhibir la percepción del cansancio y la sed hasta que se da un fallo progresivo en los distintos órganos, que puede ser mortal y los afectados fallecen con el riñón, el hígado y el sistema cardiovascular malfunctionando.

Además, de acuerdo con científicos de la Universidad de Sheffield, entre los consumidores de esta droga hay un 10% de ellos que está más expuesto que el resto a sufrir los efectos perniciosos del producto. Son los que tienen un déficit de un enzima, la citocromo P450 2D6, responsable de metabolizar la MDMA. Según estos expertos, uno de cada diez humanos no produce cantidades suficientes de esta enzima y es en ellos en los que el golpe de calor del debido al éxtasis puede incidir con más frecuencia.

La investigación a la que nos referíamos en el inicio de este artículo que ha sido dirigida por el Dr. Mills, farmacólogo de la facultad de farmacia de la Universidad de Texas, revela algunos aspectos del control de influencia del éxtasis en la regulación de la termogénesis. En mamíferos, la termogénesis se regula con las proteínas desacopladoras como la UCP-3, que a su vez son controladas por los niveles de ácidos grasos. En animales de experimentación cuya ingesta grasa es elevada ello se traduce en un aumento de su concentración plasmática. En el caso de la ingesta de éxtasis ello provoca que el efecto de las UCP-3 se llegue a quintuplicar y el aumento de temperatura provocado, una hipertermia hipermetabólica, es tan alto que se desregulan gravemente los procesos fisiológicos, facilitando la muerte del individuo. Resumiendo brevemente, la combinación de dietas grasas (por ejemplo, a base de hamburguesas) con la droga éxtasis puede ser muy peligrosa.

SANGRE, PURA Y ELOCUENTE

Vicente Vicente García

Catedrático de Medicina; Facultad de Medicina; Universidad de Murcia

CON MOTIVO DE LA CELEBRACIÓN DEL 50º CONGRESO NACIONAL DE HEMATOLOGÍA Y HEMOTERAPIA, un acontecimiento científico y médico en el que participan más de mil quinientos especialistas nacionales y extranjeros que presentan más de seiscientos trabajos científicos, cabe preguntarse ¿de qué trata la especialidad de Hematología y cuáles son los aspectos que se discuten en el congreso?

HEMATOLOGÍA • La Hematología, como especialidad médica, se inició en el primer tercio del siglo XX, al confluir médicos que realizaban tareas distintas, aunque relacionadas: internistas dedicados al estudio de enfermedades como anemias, cánceres de la sangre (leucemias, linfomas, etc...); otros, dedicados al diagnóstico biológico de las enfermedades sanguíneas, así como los profesionales dedicados al uso terapéutico de la sangre, actividad que iniciaba entonces sus pasos, los conocidos como hemoterapeutas.

La amalgama de esas tres actividades, clínica, diagnóstico biológico y hemoterapia, dio lugar a la Hematología moderna. Es una especialidad reconocida por la Unión Europea, vigente en casi todos sus estados. La especialidad de Hematología y Hemoterapia, que así es su nombre completo, tiene un rasgo especial que la diferencia del resto de especialidades médicas, y es su *bilingüismo*, es decir el hematólogo es un especialista que debe tener una mentalidad clínica y, simultáneamente, debe estar anclado en una sólida formación biológica. En definitiva, un médico capaz de entender dos lenguas, la de la clínica y la del laboratorio y ambas orientadas al cuidado de los enfermos. Ese bilingüismo se observa desde el inicio de la especialidad e impregna el libro BLOOD, PURE AND ELOQUENT, del eminente hematólogo Maxwell Wintrobe, un documento clásico y magistral que analiza el nacimiento, desarrollo e integración de cada uno de los aspectos que han llegado a conformar la Hematología.

DESARROLLO • Es cierto que la medicina en general ha experimentado un impulso espectacular a partir de los años ochenta, coincidiendo con el desarrollo doctrinal de la inmunología, biología celular, biología molecular, pruebas de imagen, y otras que han condicionado un notabilísimo avance tecnológico en el estudio de muchas enfermedades. Ello es aún más evidente en la Hematología, que en su propia esencia integra el cuidado del enfermo con la responsabilidad de la aplicación de métodos biológicos para establecer no sólo su diagnóstico, sino también factores pronósticos y criterios de enfermedad residual tras la aplicación de los tratamientos de quimioterapia. Por ello, esta especialidad tiene una avidez natural por incorporar a sus laboratorios herramientas de trabajo ofrecidas por la biología molecular y celular, citometría de flujo, citogenética moderna, química proteica, etc.

Un Servicio de Hematología tiene que atender con garantías a pacientes con graves enfermedades neoplásicas de la sangre, y es necesario tener las posibilidades diagnósticas para saber si el paciente es portador de marcadores moleculares que nos sugieran el tipo e intensidad de tratamiento que necesita. Igualmente, saber si persisten esos marcadores después de una terapia concreta, lo que nos obligará a continuar con otros tratamientos más intensivos, como puede ser el trasplante de médula ósea, en un intento de erradicar los indicios moleculares de enfermedad activa. Y la aplicación de otras técnicas de biología celular o molecular nos llevará a caracterizar las anomalías que explican las manifestaciones hemorrágicas o trombóticas por trastornos de la coagulación o de las células responsables de mantener el equilibrio hemostático, como son las plaquetas.

Y, por supuesto, un aspecto nuclear en la especialidad es ir mejorando la seguridad y calidad de los productos sanguíneos, en definitiva la mejora de la medicina transfusional, aspecto que tiene una gran implicación social y sanitaria.

Otro hecho importantísimo es que, a raíz del conocimiento aportado por el trasplante de médula ósea, se inició el estudio del valor de las llamadas *células madre* o *progenitoras* como tratamiento potencial de diferentes enfermedades. Ello ha dado lugar al nacimiento de la medicina regenerativa, íntimamente ligada a la Hematología-Hemoterapia, para la obtención, preparación y conservación de las células madre.

Los avances hematológicos han sido tan grandes en los últimos tiempos que podemos hablar de resultados impensables hace sólo unos años, como la curación del 80 por ciento de las leucemias infantiles y del 50 por ciento de las del adulto, así como de la mayoría de pacientes con enfermedad de Hodgkin, sin olvidar las mejoras espectaculares conseguidas en enfer-

medades como linfomas, mieloma, anemias constitucionales y en el tratamiento de diátesis hemorrágicas congénitas como la hemofilia.

CONGRESO • De todo ello se está tratando en profundidad en el Congreso Nacional de Hematología y Hemoterapia, insistiendo en las novedades diagnósticas y terapéuticas, con un repaso exhaustivo de un buen número de enfermedades de la sangre, los aspectos psicosociales de quienes padecen patologías sanguíneas malignas, los procedimientos terapéuticos como el trasplante de médula ósea y de la terapia celular, junto a diferentes aspectos de la coagulación sanguínea y de su manifestación más frecuente, la trombosis. También ha tenido cabida la discusión de las nuevas tecnologías en transfusión, así como diferentes aspectos de gestión que afectan a los Servicios de Hematología.

Ante la imposibilidad de comentar todos estos temas, nos referiremos sólo al contenido del último simposio del congreso, *la última hora terapéutica* que hace referencia a los nuevos fármacos que podremos utilizar en pocos meses y contribuirán a mejorar el tratamiento de algunas enfermedades. Se han presentado nuevos anticoagulantes orales, que posiblemente están llamados a desterrar los actuales anticoagulantes que exigen control periódico de laboratorio; dos nuevos fármacos que parecen útiles para el tratamiento de situaciones rebeldes en el cuadro conocido como púrpura trombopénica idiopática, para la que aún no existe una terapia eficaz; un anticuerpo monoclonal útil para prevenir las crisis hemolíticas de la hemoglobinuria paroxística nocturna, y un nuevo agente capaz de facilitar la recogida de células madre del torrente circulatorio.

En definitiva, la hematología está viviendo estos días un rico acontecimiento científico en el que también el papel de la hematología regional ha sido muy relevante, con más de sesenta participaciones a lo largo de las diferentes sesiones.

*La Medicina.
Mininoticias*

RIESGOS CARDIOVASCULARES • En la revista INTERNATIONAL JOURNAL OF OBESITY se publicó un estudio realizado sobre más de 1.600 niños australianos de 6 años, demostrando que los cambios microvasculares observables en las vénulas retinales y en las arteriolas retinales se corresponden a un incremento en el valor de la masa corporal y de otros parámetros relacionados con la aparición de riesgo cardiovascular pudiendo servir de alerta para el mismo.

OSTEOARTRITIS • Millones de personas sufren osteoartritis, que es la forma más común de la artritis y suele afectar a las articulaciones que soportan el peso corporal. La planta del incienso, llamada *Boswellia Serrata*, es una medicina usada hace mucho tiempo en la India para combatir los dolores reumáticos, bajo el nombre de *Slai Guggal*. Una investigación publicada en *ARTHRITIS RESEARCH AND THERAPY* mostró que los pacientes que toman extractos de la planta enriquecidos con un 30% de su principio activo, el AKBA (ácido 3-O-acetil-11-ceto-beta-boswelico) muestran una mejoría notable en menos de siete días. El AKBA posee una potente acción antiinflamatoria.

VIRUS DE VIRUS • ¿Es posible la existencia de virus específicos para los virus? Un artículo de la revista *NATURE* así lo confirmó. Investigadores de la Universidad de Marsella descubrieron un gran virus llamado *Mamavirus*, en una torre de enfriamiento de agua, comprobando que era infectado por otro pequeño virus, bautizado con el nombre de *Sputnik*, que sólo posee 20 genes. Como su función es parecida a la de los fagos respecto a las bacterias sus descubridores proponen el nombre de *virofago* para lo que parece ser una nueva familia descubierta de virus.

SIDA • El importante regulador americano, la FDA, aprobaba en octubre del 2007 un nuevo tipo de tratamiento contra el virus VIH, para usar junto a otros retrovirales. El nuevo fármaco raltegravir (*Isentrees*), de Merck, es un inhibidor de la integrasa, una enzima necesaria para la inserción del material genético del virus en el humano, consiguiendo reducir la carga viral y aumentar el conteo de las células CD4.

MARIHUANA • Existen muchos defensores del consumo de marihuana en tratamientos paliativos crónicos. Por ello es interesante conocer lo más posible sobre sus efectos, favorables o desfavorables. En la revista *NEUROLOGY* on line se publicó un trabajo indicando que en una investigación realizada sobre 140 pacientes de esclerosis múltiple los resultados señalaron que en los fumadores de marihuana se produce un empeoramiento de hasta más del 50% de sus capacidades cognitivas, lo que puede llevar a afectar la calidad de vida de los enfermos y de sus cuidadores.

ALCOHOLISMO • La revista *SCIENCE* publicó una investigación realizada en los laboratorios del NATIONAL INSTITUTE ON ALCOHOL ABUSE AND ALCOHOLISM de los National Institutes of Health, Bethesda, derivada del hecho de que los ratones genéticamente deficientes en NK1R (receptor de la neuroquinina 1) decrecían enormemente su posible consumo voluntario de alcohol, comparados con los controles. Desarrollada una molécula antagonista (la LY686017), que bloquea a NK1R, los primeros ensayos realizados sobre personas alcohólicas voluntarias han mostrado su utilidad para ayudar en los procesos de desintoxicación de pacientes alcohólicos.

ACEITE DE LORENZO • La adrenoleucodistrofia es una rara enfermedad hereditaria que, en la modalidad más severa, provoca una degeneración neurológica progresiva del enfermo hasta llevarlo a un estado vegetativo. Este trastorno inspiró la película *EL ACEITE DE LA VIDA*, un filme protagonizado por Susan Sarandon y Nick Nolte, relatando la búsqueda de una cura para su hijo Lorenzo. Médicos franceses han probado por primera vez una terapia génica en dos niños para intentar corregir esta grave enfermedad degenerativa según los resultados que presentaron en el congreso europeo de la Sociedad de Genética y Terapia Celular (marzo 2007) celebrado en Holanda.

NUTRICIÓN Y LESIÓN CEREBRAL • Según una investigación publicada en la revista *JOURNAL OF NEUROSURGERY* la nutrición adecuada dentro de los primeros días tras una lesión cerebral traumática (LCT) grave mejora la supervivencia. La causa, según el Dr. Roger Hartl y sus colaboradores del Weill Cornell Medical College, de Nueva York

(Estados Unidos), es que “la LCT produce un estado hipermetabólico y catabólico que aumenta los requisitos energéticos sistémicos y cerebrales”. Los investigadores concluyen que “junto con la prevención de la hipertensión arterial, la hipoxia y la hipertensión intracraneal, el soporte nutricional precoz es una de las pocas intervenciones terapéuticas que pueden afectar directamente a los resultados de la LCT”.

GATOS • El hospital veterinario Ryan de la Universidad de Pensilvania recibe anualmente a más de 30.000 animales enfermos. Entre sus investigadores figura Charles Vite quien hace unos años se hizo cargo de unos gatos con unos raros síntomas neurológicos. Ello fue el comienzo para la obtención de su gran colonia de gatos afectados por la *enfermedad de Niemann Pick C*, que también se da en humanos. Comparados con los ratones afectados con esta enfermedad, que mueren a las diez semanas de edad, los gatos ocupan un lugar más cercano al hombre y su estudio ha permitido el inicio del desarrollo de varias terapias prometedoras en varias enfermedades neurológicas con desórdenes de almacenamiento de gangliósidos.

GINKGO BILOBA • Se alega que los extractos de Ginkgo Biloba ayudan a mejorar la memoria e, incluso, algunos han llegado a señalar que podrían usarse para luchar contra el Alzheimer. La prestigiosa publicación médica JAMA publicó una investigación realizada durante más de tres años sobre más de tres mil personas con edades por encima de los 75 años que no tuviesen grandes problemas cognitivos en el inicio de la investigación. Los resultados indicaron que los extractos carecían de cualquier efecto sobre el retardo de la aparición de Alzheimer o sobre su evolución.

EPOC • Las personas que sufren de la *Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica* (EPOC) son medicadas a veces con inhaladores que contienen corticoides. Una investigación que publicó la prestigiosa revista médica JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, tras el examen cuidadoso de otras 11 investigaciones previas, pone en alerta sobre los excesos en su prescripción ya que demuestra que en estos pacientes su utilización puede incrementar hasta en un tercio los riesgos de sufrir neumonía.

BARRERAS Y ESQUIZOFRENIA • El feto en desarrollo está protegido por la placenta, el órgano que transfiere nutrientes y residuos entre la madre y el feto, pero algunos microbios pueden eludir ese obstáculo. Así sucede con el *Toxoplasma gondii*, que también puede cruzar la barrera hematoencefálica y, una vez en el cerebro del feto, afecta el comportamiento del anfitrión, aumentando, por ejemplo, los niveles del neurotransmisor dopamina. En un feto, los cambios en los niveles de dopamina pueden causar estragos en el desarrollo cerebral normal, y los científicos conocen desde hace mucho tiempo que la esquizofrenia se asocia con un exceso de dopamina en determinadas partes del cerebro.

SISTEMA INMUNE Y ESQUIZOFRENIA • Ciertos estudios sugieren que las infecciones de las gestantes *per se* no son responsables de la perturbación en el desarrollo cerebral que origina una esquizofrenia, sino que es la respuesta inmune a la infección lo que afecta al sistema nervioso del feto y provoca el daño. Por ejemplo, el día antes de manifestarse en su plenitud una gripe ya existen unos síntomas de malestar ocasionados por la respuesta del sistema inmunológico (moléculas de citoquinas). Pero las funciones de las citoquinas no se limitan al sistema inmunitario, sino que pueden afectar el funcionamiento de la placenta y alterar el crecimiento y la interconexión neuronal del feto. De entre todas las citoquinas la 8 parece la de mayor responsabilidad en el desarrollo de la esquizofrenia.

AUTOINMUNIDAD • En el caso de infección el sistema inmunológico puede, involuntariamente, originar daños en el cerebro de la persona afectada a través de una reacción de autoinmunidad, mediante el ataque del sistema a las células cerebrales, causando problemas psiquiátricos. Este sería el caso de algunos desórdenes obsesivos convulsivos que brotan tras la infección por *Streptococcus* beta hemolítico A, el mismo tipo de organismo que causa la faringitis. O la nueva entidad de los *Trastornos Neurosiquiátricos Pediátricos Asociados a Infecciones Estreptocócicas*, originados porque el sistema inmune ataca al cerebro tras la infección.

HIPERCOLESTEROLEMIA Y DEMENCIA SENIL • Su posible

relación es un tema médico candente. Un estudio presentado en el 60th Annual Meeting de la American Academy of Neurology, realizado sobre 9.752 personas de un plan de salud de la aseguradora Kaiser Permanent, indica que la hipercolesterolemia en la edad media de la vida se asocia con un riesgo más elevado de enfermedad de Alzheimer tres décadas después (riesgo 1,5 veces más alto). Sin embargo, otro estudio publicado en la revista NEUROLOGY encontró que las estatinas (que bajan el colesterol) no disminuyen el riesgo de enfermedad de Alzheimer, aunque el tipo y edad de dos pacientes fue diferente. En todo caso, parece que debemos seguir la máxima de que *cuidando el corazón se puede proteger el cerebro*.

ALZHEIMER • En modelos animales de ratones, según se publicó en la revista JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION, el antihipertensivo valsartan, bloqueante del receptor de la angiotensina, reducía la progresión de la enfermedad de Alzheimer. Pero como comentó el Dr. Sam Gandy director del consejo médico y científico de la Alzheimer's Association's hay que ser precavidos en datos de este tipo pues también algunas hormonas estrógenas mostraron efectos prometedores sobre el Alzheimer en estudios preclínicos y no dieron resultados positivos en los ensayos clínicos controlados.

COCTAIL VÍRICO • La viroterapia anticáncer es conocida pero muchos tumores se hacen pronto resistentes a ella. Un equipo investigador en el que participaron científicos americanos y canadienses desarrolló una nueva aproximación de la técnica denominada *viroterapia oncolítica*, consiguiendo la activación de virus específicos contra células malignas, gracias al efecto de una familia de compuestos inhibidores enzimáticos de las enzimas histonas deacetilasas. Los investigadores ya han experimentado en el laboratorio, usando un rhabdovirus de insectos conocido como VSV, sobre modelos animales de cánceres y sobre tejidos humanos cancerosos, venciendo la resistencia característica de la viroterapia clásica.

CÁNCER • Las mejoras en los hábitos de vida, alimentación y cuidados médicos se reflejan en las estadísticas sobre el cáncer. La AMERICAN CANCER SOCIETY hizo públicos unos datos mostrando que mientras en el periodo 1993-2002 las muertes debidas al cáncer se redu-

cían a un ritmo anual del 1%, esa reducción ha sido mucho mayor en el periodo posterior estudiado, 2002-2004 en el que el porcentaje de caída ha alcanzado un 2,1%, disminuyendo sobre todo los diagnósticos de cáncer de pulmón en hombres, de mama en mujeres y colorrectal en ambos.

LÓPEZ-CORBALÁN • Acertadamente, el médico y farmacéutico Dr. Juan Carlos López-Corbalán opina que gran parte del éxito de la homeopatía radica en que sus practicantes “dedican mucho tiempo y mucho interés a cada enfermo. Hay un amplio grupo de personas que necesita información y mucho mimo, más que un producto complejo. Es lo que hacen los homeópatas”. Asimismo, señala el hecho de que la homeopatía suele centrarse en enfermedades “que no son graves, pero sí muy molestas”. Y respecto a su venta en farmacias, a pesar de que efectividad no está probada, se puede entender porque las farmacias son establecimientos sanitarios y comerciales donde también se venden agua magnetizada, gemas o pulseras magnéticas.

HOMEOPATÍA Y LANCET • Hace algún tiempo la prestigiosa revista THE LANCET publicaba un editorial y una investigación respecto a la homeopatía. En el editorial afirmaba que “Cuanto más se diluyen las pruebas en favor de la homeopatía, mayor parece ser su popularidad”. Y que, “ahora, los médicos tienen que ser valientes y honestos con sus pacientes acerca de la ausencia de beneficios de la homeopatía, y consigo mismos acerca de los fallos de la medicina moderna a la hora de cubrir la necesidad de los pacientes de atención personalizada”. En la investigación se constataba, después de comparar 110 ensayos clínicos de preparados homeopáticos con otros 110 de medicamentos convencionales, que los primeros curan sólo por el efecto placebo, la fe del paciente en el producto y en quien se lo ha prescrito.

HOMEOPATÍA Y NATURE • La conocida revista NATURE publicó en el 2007 un editorial y un informe relacionado con la penetración académica de la Homeopatía. En el editorial se señalaba que la Homeopatía como otras medicinas alternativas no es ciencia porque no se basa en la evidencia empírica, indicando que su presencia en las universidades

recuerda la de las columnas de astrología en los periódicos, es decir, por la cuenta de resultados. En cuanto al informe, se indicaba que si un tratamiento no funciona a menos que el paciente y su cuidador confíen en él, entonces su efecto no puede ser ocasionado por las propiedades físicas del remedio.

FRAUDES • La ciencia no está inmunizada contra ellos. En el año 2001 y 2002 un importante grupo de investigación de Minnesota, USA, publicó unos artículos indicando que un tipo celular específico de célula precursora de médula ósea podría convertirse en cualquier otro tipo de célula corporal de un modo idéntico a como ocurría con las células madre embrionarias. El hecho fue considerado como la alternativa necesaria por parte del movimiento americano Pro Vida. En el año 2007 la revista divulgativa NEW SCIENTIST detectó ciertas irregularidades en los trabajos y un año después se demostró que uno de los doctorandos, sin que el resto del equipo investigador lo supiese, cometió importantes fraudes en los resultados mostrados.

MÁS MITOS MÉDICOS • He aquí algunos otros de ellos: la carne roja es saludable; se necesitan tomar más productos lácteos para fortalecer los huesos; un consumo adicional de zanahorias mejora la visión nocturna; el papel fortalecedor de las espinacas; los alimentos ácidos, como el limón son hipotensores; los alimentos amargos son buenos para la diabetes; los enfermos de gripe, fiebre tifoidea y sarampión no deben bañarse hasta que se curan, etc.

MÓVILES • La inclusión, en una reciente publicación sobre los mitos médicos de la creencia de que el uso de los teléfonos móviles interfiere la instrumentación en los hospitales es causa de controversia y, parece, que todo se trata de un problema de tipo de ondas y medidas. En 1993 ya existían más de 100 trabajos alertando sobre ello. El tema se ha investigado con profundidad en Holanda y las señales GPRS, utilizadas en la mayoría de móviles con acceso a Internet, fueron las peores afectando a algunos equipos situados a menos de 3 metros. Sin embargo, las señales UMTS de las redes 3G son menos peligrosas y para mostrar efectos habían de aproximarse a unos pocos centímetros del instrumento sensible. Corroborando

ello, una investigación muy reciente no encontró interferencias en más de 300 pruebas realizadas en salas de tratamiento.

PENUMBRA • ¿Daña los ojos leer a media luz? Según los expertos cuando leemos con poca luz lo que sucede es que forzamos nuestros ojos produciéndose un estrés temporal que puede resecaarlos o irritarlos, pero al volver a las condiciones normales de luz tras la recuperación no queda ningún daño permanente. Sin embargo, algunos oculistas piensan que, fundamentalmente, en los niños ese hábito puede fomentar la miopía.

VITAMINAS • Son millones las personas en el mundo, principalmente en el desarrollado, que toman regularmente suplementos multivitamínicos, convencidas de los beneficios favorables de esta práctica para su salud y para la prevención de enfermedades crónicas. Para este último supuesto no existen evidencias científicas definidas y respecto a la primera parte de la afirmación hay que ser precavidos. Por ejemplo en el año 2007 una de las noticias biosanitarias más divulgadas fue la de la prevención multivitamínica del cáncer de próstata. Pero un estudio posterior realizado en los Institutos Nacionales del Cáncer de Estados Unidos demostró que ello no era cierto y que, incluso, presentaban un riesgo algo más alto quienes las consumían más de 7 veces a la semana.

TEQUILA • En un Simposio de la American Chemical Society, celebrado en Chicago se presentó una investigación demostrativa de que ciertos polisacáridos fructanos derivados del agave azul, fruto usado para fabricar tequila, pueden servir eficazmente como medios naturales, más efectivos que los actuales para hacer llegar al colon ciertos medicamentos para la colitis ulcerosa y otras patologías, colon irritable, enfermedad de Crohn, etc. Su concentración llega a ser del 80% en el agave maduro y con ellos se elaborarán microesferas que resistan la acidez del estómago y puedan trasladar al intestino la carga interior que porten.

NIDA • EL NIDA, INSTITUTO NACIONAL SOBRE EL ABUSO DE LAS DROGAS es

una conocida institución estadounidense que se ocupa del gravísimo problema mundial que suponen las drogas. Con más de mil millones de dólares, financia más del 85% de todas las investigaciones que se realizan en el mundo respecto a estos temas. Una de las más importantes de sus cerca de diez grandes divisiones es la de Investigación para la Farmacoterapia del Abuso de Drogas. En ella trabaja un destacado médico, el Dr. Iván D. Montoya, colombiano de 51 años de edad, quien participó en Valencia en las XXXIV Jornadas Nacionales de Socidrogalcohol y con tal motivo hizo unas declaraciones sobre la prometedora situación en la que se encuentra la vacuna antinicotina, cuyo desarrollo ha financiado el NIDA, y que en pocos años estará en condiciones de comercializarse.

OSMIO • En el año 2008, por primera vez, investigadores de la Universidad inglesa de Warwick presentaron evidencias muy positivas sobre la posibilidad del uso del metal osmio en el diseño de terapias anticancerosas, de modo parecido al caso del cis-platino, cuyo éxito más divulgado fue el del tratamiento del ciclista Lance Armstrong para su cáncer testicular. El osmio es más barato y se puede utilizar en más variedad de tumores y en combinación con el cis-platino.

ASPIRINA Y CÁNCER • Las revistas científicas electrónicas de acceso libre siguen su imparable ascenso. Una de ellas, del grupo BioMed Central Journal, BREAST CANCER RESEARCH, con alto factor de impacto, mostraba que la aspirina, a través de la inhibición de la enzima ciclooxigenasa, ayuda a proteger contra un tipo de cáncer de mama. Ello ha encontrado eco en muy importantes medios de comunicación del mundo: Guardian, The Telegraph, Channel 4 News, Reuters, National Post Canada, BBC News, etc.

ALGA • Un grupo internacional de científicos ha descubierto una potente droga anticáncer en un alga tóxica cerca de las costas de Fiji, en el Pacífico Sur. La droga (ScA) fue encontrada en la cianobacteria *L. Majuscula*, también conocida como *cabello de sirena* e inhibe la formación de vasos sanguíneos que alimentan a los tumores, la neovascularización, con lo que se ayuda a su eliminación.

ENSAYOS CLÍNICOS • La fase I, de farmacología clínica, se realiza en individuos sanos y voluntarios: estudios farmacocinéticos, de farmacotolerancia, así como también de efectos adversos; la fase II en personas que padecen la enfermedad a que se pretende curar, cuantificando la eficacia terapéutica de la droga y cuál es la mejor dosis; la fase III investiga el efecto que presenta el medicamento en poblaciones heterogéneas de pacientes, comparando su eficacia con otras drogas convencionales. También se estudian los efectos adversos sobre diferentes grupos (embarazadas, personas mayores, etc.). Por último, la fase IV, llamada fase de farmacovigilancia, es posterior a la aprobación del medicamento y su comercialización. Se vigilan los posibles efectos adversos que pueden aparecer, al igual que la efectividad real en distintas poblaciones.

ISQUEMIA CEREBRAL • La isquemia o infarto cerebral es la principal causa de muerte e incapacitación en las personas de edad avanzada. Muchas veces, el desconocimiento de sus causas ha dificultado la prevención y tratamiento efectivo. Los espectaculares avances de la Genómica están conduciendo rápidamente a un mayor conocimiento científico de ello, de modo que en tres revistas destacadas, NATURE MEDICINE, CEREBRAL FLOW AND METABOLISM, y NATURE REVIEWS NEUROSCIENCE, en marzo del 2007, se incluyeron importantes artículos sobre las bases genéticas de la isquemia cerebral.

NOMBRES • La droga de síntesis 3-4 metilendioximetanfetamina, abreviadamente MDMA, popularmente éxtasis, se ofrece con diversas presentaciones en forma de pastillas con colores llamativos, diferentes dibujos y anagramas grabados en su superficie, con muy variadas denominaciones populares: adán, anfetás, bicicletas, bulls, calavera, cápsula, canal +, droga del abrazo, frijoles, corazón, chigago, delfín, dinosaurio, dólar, elefante, estrella, expediente X, eva, fantasma, filodidos, galletas de disco, hamburguesas, indio, M25, OM, ovni, pajarito, popeye, pastis, pirulas, píldora del amor, palomas del amor, rola, sol, simpson, taponés, trébol, tulipán, ovaladas, VIP, XTC, 125, etc. Contrariamente a lo que sugiere la mitología popular, el MDMA no tiene efectos afrodisíacos sino sensitivos. Tampoco un alto poder adictivo. Y, a pesar del nombre, no tiene relación con el también peligroso *éxtasis líquido* que es un preparado de gamma-hidroxi-butirato (GHB).

BENEFICIOS • El uso del éxtasis se ha relacionado beneficiosamente con ciertos aspectos sanitarios; en el año 2001 la BBC llegó a emitir un reportaje sobre el efecto beneficioso del éxtasis en enfermos de Parkinson; en el 2005 científicos de la Universidad de Birmingham indicaron que el éxtasis y antidepresivos como el Prozac podrían detener el crecimiento de células cancerígenas y un estudio de la Universidad de Bristol afirmaba que el alcohol y el tabaco son más mortales que sustancias psicotrópicas como el éxtasis. Por ello, algunos científicos piensan que debería permitirse la investigación de la posibilidad de su uso controlado en ciertas patologías.

ANFETAS • El MDMA también afecta a otros neurotransmisores, principalmente la noradrenalina y, en menor medida, la dopamina. Además, el MDMA preserva también los efectos estimulantes típicos de las anfetaminas, produciendo sensación de gran energía física, con aumento de la actividad motora (hiperactividad), bienestar general y euforia. Por ello, a mediados de los años 70, algunos psiquiatras usaron éxtasis en el tratamiento de la depresión.

ISQUEMIA CARDÍACA • En una importante revista científica se publicó una investigación sobre el hallazgo de una proteína cardíaca, una enzima, cuya activación consigue reducir notablemente los daños isquémicos cardíacos. Se trata de la enzima aldehído deshidrogenasa 2 (ALDH2) una enzima usualmente relacionada con el metabolismo del etanol. Las experiencias se han realizado sobre ratas Wistar, con ensayos *in vivo* que incluían infartos de miocardio agudos provocados, comprobando que la activación de ALDH2 no produce estrés y que se puede realizar con diversas moléculas que han seleccionado y todo indica que, en humanos, la situación será semejante.

NUEVOS ANTICOAGULANTES • Actualmente, hasta un 1 por ciento de la población es tratada con el conocido anticoagulante oral *Sintrom*. Uno de los retos más importantes en la prevención y tratamiento de la enfermedad tromboembólica es el desarrollo de nuevos fármacos anticoagulantes, que superen a los actuales que actúan bloqueando la producción de factores de coagulación que son vitamina K dependientes. En el 50 Congreso de Hematología se presentaron los magníficos resultados conseguidos con los

nuevos anticoagulantes orales, dabigatrán y rivaroxaban, cuyo mecanismo de acción es distinto ya que actúan inhibiendo la trombina o el factor X activo. Estos fármacos tienen muy baja interacción con otros medicamentos y con la dieta, y lo más importante es que no requiere control periódico de laboratorio.

ANTICONCEPTIVOS ORALES Y TROMBOSIS • La doctora Amparo Estellés, del Centro de Investigación del Hospital Universitario La Fe (Valencia) impartió durante el 50 Congreso de Hematología la lección conmemorativa Ricardo Castillo, con datos de gran interés sobre la evolución del potencial protrombótico de los anticonceptivos orales. Aunque en las últimas décadas se ha ido reduciendo la dosis de estrógenos en estos preparados su riesgo trombótico, aunque disminuido, todavía persiste. Hasta hace poco se pensaba que el componente gestagénico de los anticonceptivos hormonales orales no contribuía al riesgo de trombosis pero sigue abierta la polémica acerca del potencial protrombótico de los gestágenos de diferente generación y de su potencia androgénica.

GOTA • Un grupo investigador mixto de las Facultades de Medicina de la University of British Columbia, Vancouver, Canada y de la Harvard Medical School de Boston, EE.UU., durante 12 años han investigado la relación entre la ingesta de bebidas azucaradas e ingesta de fructosa (un monosacárido natural de gran poder edulcorante) sobre la incidencia de la enfermedad gota en 46.393 hombres analizados, encontrando una consistente relación al respecto. Las bebidas *light* no mostraron ese efecto mientras que el consumo alto de zumos de frutas con alto contenido en fructosa (manzanas, naranjas) incrementaba el riesgo.

VIAGRA • La poderosa FDA americana ha anunciado que se han de revisar y reescribir las advertencias contenidas en la información de los medicamentos con inhibidores de fosfodiesterasa 5, entre los que se encuentran los populares Viagra, Cialis y Levitra (disfunción eréctil) así como el Revatio (hipertensión arterial pulmonar). Ello se debe a que le han llegado noticias de la existencia de al menos 29 casos de sordera o pérdida grande de audición, tras haber abandonado los tratamientos, en pacientes mayores.

*GENÉTICA MOLECULAR
Y BIOTECNOLOGÍA*

UNA INTERFERENCIA VENTUROSA

LA ACREDITADA REVISTA ON-LINE PLOS ONE ha publicado el resultado de una investigación que podría ser de gran importancia futura en el tratamiento de diversas enfermedades genéticas y neurodegenerativas. Es sabido que cada ser humano posee dos copias de cada gen procedentes de cada uno de nuestros progenitores. En las enfermedades dominantes hereditarias basta con que uno de esos genes esté alterado para que se manifieste la enfermedad. Lo que se relata en la revista es el éxito obtenido por un equipo de investigadores portugueses, franceses y suizos al inhibir o bloquear en un organismo vivo (ratas de laboratorio), usando un ácido ribonucleico interferente, la expresión de una de las copias del gen responsable de una de esas enfermedades, precisamente la copia alterada, la mutada, causante de la enfermedad, sin que se afecte la otra copia normal del gen, con lo que éste puede ser suficientemente funcional consiguiéndose que desaparezcan los efectos visibles de la enfermedad en el animal antes enfermo.

FLORES • Las nueve islas del archipiélago de las Azores son de gran belleza por sus espectaculares paisajes, su naturaleza salvaje aún inalterada por el hombre, los espacios abiertos en todos los tonos de verde y su flora exuberante, con coloridos diversos de hortensias, agapan-tos y azaleas. Supuestamente descubierta en 1452 por el marinero Diogo de Teive en su viaje de regreso desde Terranova, la Isla de las Flores, con 143 km cuadrados se sitúa en el extremo más oriental de las Azores, estando justificado su nombre por la gran cantidad de flores y plantas que crecen en ella convirtiéndola en una de las más bonitas del Archipiélago. Posee sólo unos 4.000 habitantes y su localización condiciona un clima moderado todo el año, pero con una gran cantidad de lluvia que consigue que sea *la más verde* de todas las islas. Ese paraíso natural posee un interior deshabitado lleno de valles, arroyos, cascadas, laderas y picos, con varios lagos y manantiales sulfurosos recuerdos de su origen volcánico.

La poca accesibilidad de la isla provocó en el pasado un gran aislamiento y la endogamia de su población. Ello explica la alta prevalencia de algunas enfermedades genéticas, como la ataxia espinocerebelar de tipo 3, o enfermedad de Machado-Joseph (EMJ, en inglés MJD). Ese nombre proviene precisamente de dos familias de ascendencia portuguesa, de las Azores. La

mutación genética predominante en Norteamérica pudo originarse en Portugal, en familias de origen judío sefardí y se concentró en Azores en los siglos XV y XVI, alcanzando Norteamérica durante el siglo XIX, a través de los barcos balleneros portugueses. En cualquier caso, la EMJ se ha descrito también en diferentes localizaciones y etnias: Francia, Portugal, Italia y España, en Europa, así como en Japón, Brasil, India, China, Israel o aborígenes de Australia.

La primera descripción la realizó K. Nakado, en 1972, en Nueva Inglaterra, en unos descendientes de William Machado, un inmigrante de la isla azoreña de San Miguel. Poco después, en 1976, se identificaron en California casos en otra familia descendiente de Anton Joseph, de la isla de Flores. Es en la isla de Flores donde se da la mayor prevalencia mundial de la enfermedad con un afectado por cada 140 habitantes, prevalencia que se reduce a 1 por 4.000 en los inmigrantes de origen portugués de Nueva Inglaterra.

EMJ • La EMJ es una enfermedad neurológica rara del grupo de las degeneraciones espino-cerebelares, y se manifiesta clínicamente por ataxia crónica (carencia de la coordinación de movimientos musculares) que se inicia con modificaciones del equilibrio y se asocia a distonía muscular (cualquier alteración del tono muscular) y dismetría (trastorno que impide medir adecuadamente las distancias asociadas a actos musculares), alteración del control muscular, que se evidencia sobre todo en las manos, alteraciones motoras; exoftalmos (protrusión anormal del globo del ojo), visión doble, limitación de los movimientos oculares y mirada fija.

Según avanza la enfermedad aparecen otros síntomas neurológicos: espasticidad, rigidez, hipotonía (tono anormalmente disminuido del músculo), atrofia muscular y lentitud de movimientos. Los síntomas, que pueden ser diversos, suelen aparecer alrededor de los 35 años. Generalmente los déficits neurológicos progresan de forma irreversible hasta conducir a la muerte en unos quince años, sin presentarse deterioro de la función intelectual. No existe tratamiento curativo específico para la enfermedad que se hereda como un rasgo genético autosómico dominante habiéndose localizado la mutación responsable de la enfermedad en el brazo largo del cromosoma 14 (14q24.3-q31), concretamente por la repetición anormal de un grupo de tres nucleótidos (los bloques o **letras** del ADN) lo que provoca la acumulación de una proteína alterada, la ataxina-3, incapaz de funcionar normalmente y que forma depósitos insolubles en el cerebro y provoca la degeneración lenta de algunas estructuras del sistema

nervioso central (sistema formado por el encéfalo y la médula espinal) que afecta a todo el sistema motor.

En las familias con EMJ suele darse, además, el fenómeno de anticipación, consistente en el inicio progresivamente más precoz y más grave de los síntomas en las generaciones siguientes. Por ello, hasta ahora la prevención se efectuaba con la identificación de los genotipos de las personas de riesgo para proporcionar un consejo genético y familiar con el objetivo de reducir la incidencia de la enfermedad.

INTERFERENCIA • El trabajo que comentamos se basa en bloquear el ARN mensajero complementario al ADN mutado del gen MJD1 con una porción de otro ARN que sea también complementario al ARN que queremos bloquear. Esa porción de ARN, producido específicamente en el laboratorio, recibe el nombre de ARN interferente o ARNi y la novedad es que su diseño permite bloquear específicamente al ARN mensajero procedente del gen mutado, pero no afecta al ARN mensajero del gen normal procedente del otro progenitor.

Los investigadores han realizado diversas pruebas satisfactorias sobre células renales embrionarias humanas afectadas consiguiendo disminuir más del 70% la concentración de la forma anormal de la proteína ataxina-3. Posteriormente desarrollaron un modelo animal de ratas con EMJ, que desarrollaban la enfermedad tras ser inyectadas en el cerebro con un virus conteniendo el gen humano MJD1 mutado. El tratamiento de estas ratas durante tres semanas con el ARN interferente redujo el depósito de proteínas anormales en el cerebro en un 50% y el daño neuronal en un 70%. Hasta ahora no se han producido efectos colaterales indeseables y los objetivos próximos de los investigadores son: 1. Producir y utilizar animales transgénicos que al nacer contengan ya el gen defectuoso, sin necesidad de introducirse. Ello les asemejará muchísimo al modelo humano; 2. En caso de éxito comenzar los ensayos clínicos humanos; 3. Extender esta aproximación interferente a otras enfermedades neurodegenerativas con patrones de comportamiento similares al de la EMJ como son el Alzheimer y el Parkinson.

Conclusión: este campo de investigación será fuente de importantes novedades en el futuro.



ANA

ANTONIO

BEATRIZ

CARLOS

DAVID

MARTA

MARÍA

CRISTINA

FERRI

HACIA UNA FARMACOLOGÍA Y MEDICINAS PERSONALIZADAS

UNA DE LAS FUENTES MÁS COMPLETAS Y FIABLES EXISTENTES EN INTERNET SOBRE TEMAS DE SALUD es la de WebMD (www.wbmd.com), destinada tanto a profesionales de la salud como a ciudadanos en general. Dentro de su amplia serie de actividades que posee se encuentran las que se desarrollan a través de su portal Medscape (www.medscape.com), que es un conjunto de noticias, informaciones servicios y cursos a todos los niveles. Estos últimos suelen estar avalados por el ACCME americano, es decir el prestigioso Consejo de Acreditación para la Educación Médica Continuada de EE.UU.

VARIABILIDAD • Uno de esos cursos se ocupa de lo que pueden suponer en breve tiempo las repercusiones de la genómica tanto en la medicina y en la práctica médica como en los ciudadanos preocupados por su salud.

Es frecuente pensar que el exceso de tecnificación y especialización de la medicina está llevando a una cierta deshumanización en su práctica. Pero también, posiblemente, la alta tecnificación y especialización que significan las aproximaciones genómicas van a obligar a que la farmacología y la medicina se hagan más personales e individualizadas, haciéndonos recordar la frase del gran médico y humanista que fue Gregorio Marañón “no existen enfermedades, existen enfermos”.

El doctor Geoffrey S. Ginsburg, catedrático de Patología y de Medicina de la Duke University School of Medicine y director del Centro de Medicina Genómica de Durham, North Carolina, ha realizado recientemente una excelente revisión sobre la situación de este tema y las perspectivas existentes para el mismo durante los próximos 20 años, dentro de las actividades mencionadas que se ofrecen a través del portal Medscape (www.medscape.com/viewprogram/8879_index). Por su interés, comentaremos algunos datos al respecto.

Hace casi un siglo Sir William Osler (1849-1919) revolucionó el concepto de la enseñanza de la Medicina al exigir que los alumnos de Medicina tuvieran responsabilidades ante los pacientes, reclamando unos niveles de enseñanza y práctica de la Medicina más profesionales

y científicos. Su obra *PRINCIPLES AND PRACTICE OF MEDICINE* fue durante mucho tiempo un texto obligado de las Facultades de Medicina de todo el mundo y su biblioteca (conservada en la canadiense Universidad McGill) posee posiblemente la más completa colección de libros existentes sobre nuestro gran médico Miguel Servet.

Pues bien, el Dr. Osler solía repetir que “la variabilidad es la ley de la vida... y no hay dos individuos que reaccionen y se comporten igual ante la situación anormal que conocemos como enfermedad”.

Sin embargo, comprobamos que en la actualidad la industria farmacéutica desarrolla y ofrece sus medicamentos sin tener en cuenta ese hecho, de un modo comparable al de un fabricante de zapatos que sólo fabricase una talla única de zapatos, no adaptable a las necesidades individuales, al tamaño real de los pies del consumidor.

Pero se sabe que en la práctica médica actual muchos medicamentos funcionan en menos del 50% de los pacientes a los que se les prescriben. Y la reacción adversa a los medicamentos está situada en el grupo de las diez principales causas de muertes anuales del mundo. Concretamente, en Gran Bretaña se ha calculado que esas reacciones adversas son responsables de un 7% del total de admisiones hospitalarias, significando además un costo adicional anual de más de mil millones de dólares.

LAS ÓMICAS • Conceptos tan aparentemente complejos como Genómica, transcric-tómica, proteómica y metabolómica pueden posibilitar en buena parte que pronto la Farmacología y la Medicina personalizadas, individualizadas, sean una realidad.

Recordemos que el genoma humano, con unos tres mil millones de pares de bases o nucleótidos (conocidos por las 4 letras de sus iniciales) se compone de unos 25.000 genes que residen en nuestros 46 cromosomas. Las variaciones entre los genomas de dos personas pueden ser muy diversas: eliminación de uno o varios nucleótidos, inserciones de nucleótidos, variaciones en las porciones repetitivas del ADN, modificaciones grandes en los cromosomas, etc. y esas anomalías suelen tener implicaciones médicas responsables, por ejemplo, de malformaciones congénitas y de las enfermedades hereditarias que siguen las leyes de Mendel.

Pero hay otras pequeñas variaciones, las SNP o de nucleótido único (Single Nucleotide Polymorphism) que afectan a lo largo del genoma, en un sitio determinado, sólo a la sustitución de un nucleótido por otro diferente. Ello puede ocurrir en porciones codificantes o en no codificantes del genoma y puede suponer la modificación o no modificación de un aminoáci-

do de una proteína. Partiendo de que para que una variación de ese tipo en un lugar determinado se denomine polimorfismo su frecuencia ha de ser superior al 1%, se estima que en el genoma humano existen unos 10 millones de SNP.

Como indicamos en colaboración de este volumen la investigación de los SNP se realiza a través del proyecto HapMap y nuestro reto actual es comprender el papel de los SNP en las enfermedades complejas, como el asma o el autismo. No es fácil saberlo. Se trata de enfermedades multigénicas, los SNP suelen tener efectos pequeños, y la contribución ambiental es aún poco conocida.

En todo caso la Genómica estudiará los SNP, pero harán falta otras herramientas proporcionadas por: a) la Transcriptómica (los perfiles de expresión de los genes, obtenidos mediante el uso de *microarrays* para los 25.000-30.000 ARN correspondientes); b) la Proteómica (los perfiles proteicos específicos de unas 100.000 proteínas); c) la Metabolómica (los perfiles metabólicos de entre 1.000 a 10.000 metabolitos).

FUTURO • ¿Podemos ser optimistas? Hoy, por ejemplo, el costo que tendría el conocer un genoma personal superaría los 350.000 dólares y llevaría varios meses. Pero ya está en marcha una iniciativa, conocida como premio X, que ofrece un premio de 10 millones de dólares al primer equipo investigador que consiga secuenciar un mínimo de 100 genomas diferentes en diez días como máximo. Se cree que no tardará muchos años en concederse y los Institutos Nacionales de la Salud americanos calculan que el costo del conocimiento de un genoma individual será inferior a los 1.000 dólares.

Tres compañías, Navigenics, 23andMe y DeCode ya han anunciado iniciativas para ofrecer a los pacientes *chips* comprendiendo el estudio de 500.000 a 1.000.000 de sus SNP, a costos entre 1.000 y 2.500 dólares, cubriendo de 20 a 30 zonas del genoma que se han identificado de interés para determinaciones de riesgos de susceptibilidad hacia diversas enfermedades, como las cardiovasculares.

En resumen, aunque las secuencias genómicas pueden comenzar a estar disponibles en breve plazo, es importante ser conscientes de que nuestro conocimiento íntimo del genoma y de su complejidad biológica están aún muy lejos de ser completos y satisfactorios, por lo que la aplicación cotidiana de los protocolos genómicos en la práctica clínica es un territorio todavía desconocido. De ahí la gran necesidad de más y mejores investigaciones y de la mayor integración entre los conocimientos científicos básicos y la práctica clínica.

EL GENOMA DESCONOCIDO

José Luis Gómez Skarmeta

Investigador del Centro Andaluz de Biología del Desarrollo (CABD). Sevilla

EL UNIVERSO ESTÁ CONSTITUIDO ESENCIALMENTE POR UNA MATERIA DE NATURALEZA DESCONOCIDA, la materia oscura o negra. De modo parecido, un 90-95% de nuestro genoma contiene regiones no codificantes, igualmente de función desconocida. Estas regiones son las que se han denominado despectivamente *ADN basura*, porque sus secuencias no contienen la información para hacer proteínas.

Por ello, dos de las grandes preguntas de la ciencia actual son comprender el significado y la función de la materia negra del Universo así como de las regiones no codificantes del genoma. El final oficial del Proyecto Genoma Humano, destinado primordialmente a conocer la secuencia del ADN informativo, *traducible* en forma de proteínas, ha sido el pistoletazo de salida de la investigación de cómo la mayoría del ADN, el no informativo, juega un papel regulador esencial sobre la expresión del ADN informativo y, más concretamente, sobre los genes más relacionados con el desarrollo, la evolución y las enfermedades génicas.

GENES • ¿Qué es un gen? Clásicamente, sería una región codificante de ADN que se transcribe generando un ARN mensajero (ARNm) que, a su vez, se traduce como proteína. La secuenciación de genomas ha permitido comprobar que los animales comparten en gran medida el conjunto de regiones codificantes (5-10% del genoma) tanto en número como en función. Esto indica que todos los animales se construyen, más o menos, con el mismo tipo de genes y proteínas.

Todas las células de un organismo contienen el mismo genoma, pero no todas transcriben los mismos genes. Eso las diferencia en células hepáticas, renales, musculares, cardíacas, etc. Por ejemplo, durante el desarrollo embrionario, los genes necesarios para generar el riñón se activan (transcriben) en aquellas regiones donde se van a formar los riñones y no en otros lugares. En ranas, si se fuerza la expresión de estos genes en otros sitios, podemos encontrar

riñones en el cerebro. Esto demuestra como es esencial controlar finamente cuándo y dónde se transcribe una región codificante.

El proceso de transcripción está altamente regulado. ¿Cómo? A través de proteínas, denominadas factores de transcripción, que se unen a regiones de ADN no codificantes (regiones reguladoras) y favorecen la transcripción desde el ADN codificante al correspondiente ARNm. Esas secuencias reguladoras de ADN no codificantes son pequeñas regiones distribuidas en distintos lugares, a diferentes distancias de la región codificante. En función de la complejidad de transcripción de un ARNm, éste tendrá más o menos regiones reguladoras. Por ello, hay que cambiar el concepto de gen y considerar que es no sólo la región codificante sino también el conjunto de regiones reguladoras que controlan cuándo, dónde y cuánto ARNm se transcribe.

El gran problema es que, a diferencia de las regiones codificantes (5-10% del genoma) cuyo código se conoce y por lo tanto podemos *leer* a partir de la secuencia de un genoma, el lenguaje y función de las regiones reguladoras (90-95% del genoma) se desconoce.

DESARROLLO Y EVOLUCIÓN • ¿Cómo se explica la gran diversidad de forma que existen en el reino animal? Actualmente, pensamos que el motor esencial que ha operado durante la evolución para generar distintas formas radica en la variación de las regiones reguladoras no codificantes. El símil podría ser: las proteínas son como los materiales (ladrillos, vigas, cables, etc.) de una construcción; las regiones reguladoras serían los planos cuyas instrucciones hay que seguir. En función del conjunto de instrucciones los mismos materiales pueden construir un adosado o el museo Guggenheim de Bilbao. Por lo tanto, la evolución ha ido variando el número y tipo de órdenes que operan sobre las mismas regiones codificantes y ha generado la inmensa variedad de formas del reino animal. El desafío científico de este siglo es el de conocer y comprender el lenguaje de estas órdenes.

Comenzamos a saber algo. Así, todos los vertebrados tenemos estructuras comunes y, de hecho, durante el desarrollo embrionario existe un estadio, denominado filotípico, en el que todos los embriones de los distintos vertebrados son muy parecidos. Este estadio, cuando se manifiesta el plan corporal de los vertebrados, es el resultado de una regulación similar de los mismos genes. Posteriormente en el desarrollo, la regulación diferencial de los mismos genes, generará las diferencias morfológicas. La comparación de los genomas completos de varios vertebrados ha permitido descubrir que existe una serie de *regiones no codificantes conserva-*

das (RNCs) en todos los vertebrados. Puesto que la conservación evolutiva implica función, es lógico pensar que parte de estas RNCs contengan elementos reguladores. Ensayos realizados por diversos laboratorios, entre ellos el nuestro, lo han demostrado. Curiosamente, los distintos linajes animales contienen un conjunto diferente de RNCs. Así, las moscas y los gusanos tienen un conjunto independiente de RNCs diferente entre ellos y al de los vertebrados. Una posibilidad es que cada grupo de RNCs contenga el conjunto de instrucciones para construir un plan corporal distinto.

ENFERMEDADES • Las enfermedades génicas son debidas a un mal funcionamiento de un determinado gen durante el desarrollo embrionario o adulto de un individuo. Cuando se estudia una enfermedad génica, en la mayor parte de los casos, se intenta correlacionar dicha enfermedad con una mutación en la región codificante de un gen. Sin embargo, existen múltiples enfermedades hereditarias en las que no se ha establecido dicha correlación. Posiblemente, en tales casos, las enfermedades no son causadas por alteraciones en las regiones codificantes sino en las reguladoras.

Durante el desarrollo embrionario, las proteínas se utilizan multitud de veces en distintos procesos. Por ello, los correspondientes ARNm se transcriben en distintos momentos en distintos lugares. Esto está controlado por diferentes regiones reguladoras. Una mutación que afecte a la generación de la proteína (una mutación en la región codificante) va a suponer una alteración de múltiples procesos. Por el contrario, una mutación en una región reguladora va a afectar solo el proceso en el cual la proteína este implicada en un momento y lugar concreto. Siguiendo con el símil anterior, un edificio no es funcional sin el tendido eléctrico. Sin embargo, si la orden para que se instale un enchufe en el baño no funciona, el edificio será deficiente, pero se podrá utilizar. Puesto que estas regiones son en la inmensa mayoría de los casos desconocidas y aun no sabemos encontrarlas a partir de la secuencia del genoma, es muy difícil determinar si una enfermedad esta causada por alteraciones en regiones reguladoras.

Nuestro laboratorio pretende identificar el conjunto de regiones reguladoras necesarias para generar un vertebrado, conocimiento esencial para entender no solo los procesos de desarrollo y evolución, sino para identificar regiones candidatas a estar mutadas en enfermedades génicas. El análisis de dichas regiones nos permitirá descifrar el lenguaje que opera en la regulación de la expresión génica, y por lo tanto descifrar el 90-95% del genoma que aún no sabemos interpretar.

GENOMAS EN REBAJAS

CUANDO LOS DÍAS 15 Y 16 DE FEBRERO DEL AÑO 2001 DOS DE LAS REVISTAS CIENTÍFICAS DEL MUNDO, NATURE y SIENCE, respectivamente, con un gran despliegue mediático mundial, lanzaron sus números especiales, bajo el mismo título de EL GENOMA HUMANO (*The human genome*) no se trataba de celebrar el éxito de haber llegado a la meta de un difícil camino, sino más bien del anuncio de unos nuevos y prometedores recorridos que podrían llevar a descubrimientos nunca soñados con insospechadas posibilidades. Se trataba sólo de un borrador del genoma de la especie humana y el esfuerzo científico y el costo para conseguirlo fue muy elevado.

Pero los avances de la biología molecular y la genética se están produciendo a tal velocidad que las etapas se suceden a velocidad de vértigo. La siguiente generación de tecnologías de secuenciamiento genómico (conocimiento de la secuencia de las cuatro bases que suman los aproximados tres mil millones de unidades nucleotídicas del genoma de cada ser humano) ya está aquí.

NATURE • Hace poco, un número de la revista NATURE publicaba varios artículos demostrando esta realidad, es decir, la posibilidad de lograr conocer el genoma individual de cada persona de un modo relativamente rápido y económico así como también algunas de las primeras aplicaciones de ello para el mejor conocimiento de enfermedades tan devastadoras como el cáncer.

En concreto en ese número se incluía la investigación, realizada por el equipo dirigido por el Dr. David Bentley, de la secuenciación y caracterización inicial del genoma de un individuo africano de la etnia africana Yoruba. Otra publicación, de Jung Wang y colaboradores, conseguía los mismos resultados con un individuo asiático, y una tercera ilustraba la utilidad de la genómica personal en el diagnóstico y conocimiento de enfermedades como el cáncer mediante la secuenciación y comparación genómica de células sanas y enfermas procedentes de la misma persona, bien entre sí o en relación con las de otras personas.

Todos estos grandes avances se están logrando mediante la aplicación de una nueva tecno-

logía, denominada *Illumina GA*, con una aproximación secuenciadora masiva en paralelo que, además, ya se está aplicando ampliamente en otros campos biomédicos. Hasta ahora, las técnicas existentes más utilizadas se basaban en secuenciar porciones relativamente grandes (400-800 bases), pero el hecho de que ya existen bastantes secuencias de referencia de diversos seres humanos (entre ellas dos completas de los investigadores pioneros en este campo, los Drs. Watson y Venter) han hecho posible nuevas técnicas más rápidas en las que se usan fracciones genómicas menores para identificar las variaciones genéticas intraespecie. Para ello, las moléculas sencillas de ADN se unen a una superficie plana, se amplifican *in situ* y se usan como moldes de secuenciación sintética usando desoxirribonucleótidos finalizadores fluorescentes, lo que conduce a la obtención de pequeños fragmentos nucleotídicos fluorescentes que pueden ser analizados mediante técnicas de reconocimiento de análisis. En un solo ciclo, la técnica puede realizar más de 40 millones de *lecturas* de unos 35 nucleótidos, procedentes de un fragmento inicial de ADN de entre 200 y 2.000 nucleótidos.

DATOS • El camino recorrido, en aproximadamente un quinquenio, ha sido enorme. Las tecnologías de *Illumina GA* y del *454 Life Sciences sequencer* suponen saltos de 3-4 órdenes de magnitud respecto a las previas existentes. Lo obtenido en el año 2001 era sólo un borrador. En el año 2004 el *International Human Genome Sequencing Consortium* anunciaba lo que ya si se podía denominar la primera *secuencia real* del genoma humano. Y en el año 2007 se publicaba una segunda *secuencia completa*. Mientras que la secuencia del año 2004 significó el trabajo de multitud de científicos durante muchos años, con un costo de unos 300 millones de dólares, la del año 2007, que utilizó la secuenciación capilar, significó una reducción de costos hasta los 10 millones de dólares. Y, los datos que comentamos, de un año después, en el 2008, indican que el trabajo de secuenciación se hizo en 8 semanas (diciembre 2007-enero 2008) y que el costo del material fungible utilizado fue inferior a los 250.000 dólares.

Por tanto, no parece un sueño inalcanzable, sino una posibilidad real el que, en un plazo prudencial se pueda desarrollar la tecnología genómica hasta el punto de poder disponer de información genómica individualizada en plazos de unos días y a costos razonables inferiores a los 1.000 dólares.

En el trabajo dirigido por el Dr. David R. Bentley, han colaborado casi 200 científicos distribuidos entre siete centros científicos americanos y europeos. El genoma analizado procedía de un varón Yoruba de Ibadan, Nigeria, cuyas muestras ya habían sido incluido con anteriori-

dad en el gran proyecto HapMap de búsqueda de polimorfismos singulares de nucleótidos, más vulgarmente conocidos como *snips*. De este modo se pudieron comparar los resultados de los más de 4 millones de snips localizados en la muestra, con la conclusión general de que este genoma africano poseía un mayor grado de polimorfismo (los snips) que las muestras caucásicas ya conocidas. En otra diferente colaboración de este volumen se trata sobre las generalidades del proyecto HapMap.

En cuanto al genoma asiático, secuenciado por el Dr. Wang y otro casi centenar de colaboradores, pertenecientes a instituciones científicas chinas, americanas y europeas, pertenece a un individuo chino, representativo del Asia Oriental, una población que supone casi el 30% de la población humana. Sus datos de polimorfismo también han sido minuciosamente contrastados con los existentes del proyecto HapMap. Respecto a sus posibles ancestros comparte un 94,12% de alelos característicos de los asiáticos, un 4,12% de los europeos y un 1,76% de los africanos.

CÁNCER • El último artículo a destacar contempla la primera secuenciación realizada sobre el genoma de una célula cancerosa, identificando los genes mutados que probablemente son los causantes de la leucemia mieloide aguda.

El primer firmante, de una lista de más de 50 científicos, pertenecientes a 8 centros investigadores es el Dr. Timothy J. Ley, de la Universidad de Washington. La leucemia mieloide aguda es un tumor sanguíneo muy maligno, de las células blancas, que afecta en algunos países estudiados a más de uno de cada 15.000 habitantes. El tratamiento de la enfermedad ha cambiado poco en los últimos 20 años, entre otras causas por el desconocimiento de los factores genéticos iniciadores de la enfermedad. En este caso se han podido comparar las secuencias genómicas de las células cancerosas sanguíneas y de las sanas de la piel de la misma paciente, identificando la existencia de diez genes mutados. De ellos, dos ya se habían relacionado previamente con esta enfermedad, pero las técnicas de secuenciación han permitido localizar hasta 8 otros nuevos genes relacionados, hasta ahora desconocidos y que en el futuro pueden convertirse en objetivos terapéuticos.

En resumen, estamos asistiendo al nacimiento de una nueva herramienta biomédica basada en la genómica individualizada, con las fundadas esperanzas de que pronto pueda convertirse en un instrumento esencial para el diagnóstico, la prevención y la terapia de las enfermedades humanas.

MENSTRUO VIVIFICADOR

DADA SU POSIBLE IMPORTANCIA, LA REVISTA JOURNAL OF TRANSLATIONAL MEDICINE consideró oportuno adelantar por Internet de forma preliminar el contenido de una investigación titulada *Endometrial regenerative cells: a novel stem cell population*, demostrativa de que la sangre menstrual puede ser una excelente fuente de células madres usables para medicina regenerativa.

Aunque, históricamente, la mujer menstruante ha sido objeto de tabúes y supersticiones, no ha sucedido lo mismo con su sangre, con su flujo menstrual. Ya en el s. I, Plinio el Viejo en su gran Historia Natural decía que el flujo menstrual tenía efectos benéficos sobre las enfermedades, mataba las plagas de insectos a distancia e incluso controlaba las tormentas en el mar. Desde luego, para la mitología y muchas religiones la sangre menstrual poseía amplios poderes. Así, en la mitología griega, era el *vino tinto sobrenatural* con que Hera obsequiaba a los dioses, mientras que en el hinduismo Kali-Maya, la consorte del dios Siva, invitaba a los dioses a bañarse en el fluido sangrante de su útero y a beberlo al igual que Thor, dios del trueno en la mitología escandinava, debía su vida eterna a un baño en un río de sangre menstrual y su padre Odín era igualmente poderoso por robar la *sangre sabia* de la Diosa Madre y beberla. Los faraones egipcios ingerían la ambrosía conocida como *sangre de Isis* y los reyes celtas se hacían divinos bebiendo el *hidromiel rojo* de la Reina Mab.

SUPERSTICIONES • Según Plinio, si una mujer tocaba el vino durante la menstruación lo convertía en vinagre, agostaba las cosechas y los jardines, empañaba los espejos, mellaba los cuchillos, oxidaba el hierro y el bronce (especialmente con la luna menguante), mataba a las abejas o al menos las alejaba de sus colmenas, hacía abortar a las yeguas, etc. Las leyes de Moisés consideraban el flujo menstrual maligno y peligroso y en el judaísmo la *nidá* –mujer con flujo de sangre– es considerada como en estado de impureza, de acuerdo con lo que dice el Levítico: “Cuando una mujer tenga flujo de sangre, y su flujo salga de su cuerpo, quedará impura durante siete días. Cualquiera que la toque quedará impuro hasta el anochecer”. (Vaikrá / Levítico 15:3). También las indicaciones de Mahoma en el Corán son bien explícitas al respecto.

La costumbre de recluir a las mujeres en cabañas fuera de la aldea durante la menstruación ha sido prácticamente universal. Las leyes de Manu señalaban que cualquier hombre que se acercara a una mujer durante el período de la menstruación perdería la fuerza, la vista y la sabiduría. A las mujeres australianas se les prohibía bajo pena de muerte que tocaran los objetos que los hombres utilizaban e incluso que caminaran por un sendero frecuentado por los hombres. En Uganda se destruían los cacharros que las mujeres tocaban durante la menstruación.

Para algunas tribus australianas el causante de la menstruación era un bicho que arañaba la vagina y hacía correr la sangre mientras que los pueblos primitivos de Nueva Zelanda pensaban que la sangre menstrual era el aborto de embriones no formados de seres humanos y diversas tribus indias mexicanas la atribuían a la mordedura de un lagarto, aunque el animal al que más se ha recurrido para explicar este sangrado ha sido, con diferencia, la serpiente. Otros pueblos eran más sádicos, pensando que la mujer se encontraba poseída por un demonio esos períodos de su vida, por lo que los vaupés brasileños molían a palos a la púber hasta que se desmayaba cuatro veces seguidas, mientras que en la Guayana francesa les aplicaban a las menstruantes un terrible suplicio mediante feroces hormigas. Y entre las naciones civilizadas europeas de la antigüedad las supersticiones existentes han persistido hasta hace poco tiempo.

CÉLULAS MADRE • Las células madre son una gran esperanza para la Medicina regenerativa y la curación de buena parte de las enfermedades que afligen a la humanidad pero aún han de resolverse muchos obstáculos científicos, técnicos, éticos y políticos para que su utilización sea general. Su potencial es enorme pero aun faltan muchos conocimientos para dominar el proceso de su diferenciación hasta en 300 clases de diferentes clases de células humanas como las que existen. Uno de los problemas mayores es el de la fuente de su obtención y los interrogantes éticos que existen respecto al uso de las células embrionarias pluripotentes.

Las células madre multipotentes se han encontrado en muchos tejidos adultos pero son algo menos flexibles. Pero además de en embriones existen células madre de gran interés en localizaciones tales como líquido amniótico, cordón umbilical y, tal como se destaca en la investigación hoy comentada, en el fluido menstrual.

FLUJO • El equipo investigador liderado por el Dr. Xiaolong Meng Xiaolong Meng del Bio-

Communications Research Institute de Wichita, Kansas, partió del hecho de que el fenómeno de la angiogénesis (formación de vasos sanguíneos) es un fenómeno que acompaña a la fase endometrial del ciclo menstrual suponiendo que deberían existir células madre aislables. Efectivamente, así era y a partir de las células mononucleares presentes en la sangre menstrual pudieron obtener una subpoblación de células madre adherentes que fueron cultivadas en el laboratorio. Allí se comprobó su capacidad de dividirse cada 19,4 horas (más rápidas que las de cordón umbilical) durante más de 68 procesos sucesivos sin que se originasen en las células anormalidades cromosómicas. Han sido capaces asimismo de diferenciar a partir de ellas hasta 9 linajes diferentes, relacionadas con los principales tejidos y órganos: cardiomiocíticas, epiteliales respiratorias, neurocíticas, miocíticas, endoteliales, pancreáticas, hepáticas, adipocíticas y osteogénicas. Las dos características de más interés son su relativa facilidad de extracción y la alta pluripotencia que presentan lo que puede permitir su uso para diversos ensayos de Medicina regenerativa. Se han iniciado ensayos para tratamientos cardíacos, diabetes y lesiones medulares.

Por otra parte, Julie Allickson, la científico-jefe de Cryo-Cell International, el mayor banco mundial de sangre de cordón umbilical, ha obtenido hallazgos parecidos, y Cryo-Cell ha patentado una técnica, denominada *C'Elle*, para permitir que una mujer por sí sola pueda recolectar y preservar sus células madre menstruales quedando abierta la discusión sobre las posibilidades científicas de su uso posterior que posiblemente pueda ser extensible hasta familiares de primero y segundo grado.





IPS (CELULAS MADRE PLURIPOTENTES INDUCIDAS). EVIDENCIAS

LA MEZCLA DE LA POLÍTICA (o de los prejuicios ideológicos) con la ciencia es siempre peligrosa. Y es inadmisibile que con criterios políticos se tomen decisiones que deben corresponder al ámbito científico. Son componentes inmiscibles entre sí. No sin razón don Miguel de Unamuno afirmaba que “La verdadera ciencia enseña, por encima de todo, a dudar y a ser ignorante” mientras que, como polo opuesto, el experimentado político Konrad Adenauer afirmaba: “En política, lo importante no es tener razón, sino que se la den a uno”.

DISCUSIONES • Las células madre o troncales constituyen la gran esperanza actual de la biomedicina regenerativa. Pero, ¿se deben poner límites a su producción y uso? Es evidente que la ciencia prosigue sus extraordinarios avances pero sus pasos quieren ser controlados, juzgados o manipulados por algunos de nuestros responsables políticos o ideológicos. Ello viene a cuento de las afirmaciones dogmáticas que se suelen verter, por un lado sobre la inigualable validez científica de las células madre embrionarias que relegarían a puestos muy secundarios a las células madre de otra procedencia lo que justificaría las espléndidas financiaciones que se están concediendo a ciertos grupos investigadores, por ejemplo, en algunas regiones españolas. Otros, por el contrario se acercan más a lo que ha sido el caso de Estados Unidos con la negativa de financiar ciertos proyectos, coincidente con la postura de algunos líderes religiosos, que insisten en la ilicitud moral de las investigaciones de cualquier tipo sobre las células madre embrionarias.

Una vez más la ciencia puede terminar zanjando las disputas. Recordemos la enorme expectación y subsiguiente decepción que supuso, en los años 2004 al 2006 la supuesta obtención, por el equipo de Woo Suk Hwang y colaboradores, de células troncales pluripotentes humanas obtenidas a partir de embriones clonados.

Sin embargo, de modo casi inmediato a ese fraude, aparecieron otros resultados sorprendentes y esperanzadores en esa vía, sobre la posibilidad de la obtención de *células madres pluripotentes inducidas*, con propiedades similares a las células madre embrionarias, indistingui-

bles de ellas, pero obtenidas a partir de células somáticas, gracias a lo que se conoce como *reprogramación celular*, sin mediar transferencia nuclear ni clonación, únicamente con la introducción de unos pocos genes, cuatro, cuya expresión es capaz de inducir la conversión de las células diferenciadas somáticas en células troncales pluripotentes capacitadas para convertirse en las variadas células especializadas de nuestros diferentes órganos y tejidos. Los primeros trabajos realizados sobre ratones en el laboratorio de Shinya Yamanaka, Universidad de Kyoto, en Japón (2006 y 2007) fueron confirmados, también en ratones, por el equipo de Rudolf Jaenisch (2007) y, lo más importante, se reprodujeron poco después los mismos resultados con células humanas, tanto en el mismo laboratorio de Shinya Yamanaka como en el del grupo de James Thomson (a finales del 2007) en artículos publicados, respectivamente, en SCIENCE y CELL que han sido completados y enriquecidos por otros más recientes, de ese mismo año, procedentes de otros laboratorios.

INFORMACIÓN • Este hallazgo del año 2007 pudiera constituir el gran avance científico de este siglo y representa un salto espectacular y esperanzador. De ahí el interés despertado. Como ejemplo de ello, la revista SCIENCE publicó un número especial sobre las células troncales, destacando la problemática de su investigación y los aspectos éticos implicados; la revista NATURE también trató el tema en varias ocasiones y una revisión editorial de la situación la titularon *Cinco aspectos que hay que considerar antes de saltar al vagón de las células inducidas troncales pluripotentes*; y hace unos días en la revista DIFFERENTIATION, la científica Gabriela Durcova-Hills revisaba la situación en un artículo con el título (traducido) de: *Reprogramación inducida de células somáticas humanas hasta pluripotentes: un nuevo camino para generar células troncales pluripotentes*.

En España podemos acudir al excepcional y valiosísimo portal mantenido por Lluís Montoliú sobre *Células troncales, embriones y clonación* (<http://www.cnb.uam.es/~transimp/stem.html#scie>). En mi opinión personal, Lluís Montoliú es uno de los científicos españoles actuales más dignos de destacar porque a la gran calidad de sus investigaciones se unen unas admirables condiciones humanas. Investigador científico del Centro Nacional de Biotecnología, dirige el grupo de investigación *Modelos animales por manipulación genética*, con múltiples hallazgos entre los que cabe destacar la identificación de la *Región Controladora de Locus* (LCR) en el gen de la enzima tirosinasa, relacionada con la melanogénesis y los melanomas. En la Web antes mencionada, mantenida por el Dr. Montoliú, se encuentran secciones

especializadas sobre las células troncales pluripotentes inducidas, aparte de la legislación española al respecto, decenas de informes internacionales e institucionales relacionados y una cantidad de publicaciones e información sobre libros, empresas, instituciones, etcétera.

SITUACIÓN • Al iniciarse el año 2008 la situación era la de la existencia de algunos métodos relativamente sencillos capaces de transformar las células somáticas en troncales pluripotentes inducidas. Pero en alguno de esos métodos se usaba el gen *c-Myc*, cuya activación se sabe que favorece la promoción de tumores cancerosos y en otros casos era necesario utilizar en el proceso un retrovirus, también asociado a un mayor riesgo de cáncer.

¿Qué novedades recientes existen al respecto? Primero, la confirmación de que las células obtenidas mediante la reprogramación de células de la piel son enormemente similares a las células troncales embrionarias. Segundo, el desarrollo de nuevos y recientes métodos alternativos que consiguen la reprogramación sin necesidad del uso del gen *c-Myc* o de retrovirus. Tercero, la mejora del sistema de reprogramación, que la empresa californiana PrimeGen reclama puede ser realizada sin los factores anteriores de riesgo, con mayor rapidez y con mayor rendimiento.

Algunas preguntas quedan sin resolver: ¿Las células reprogramadas como embrionarias conservarán alguna característica asociada al proceso de envejecimiento de las que proceden? Si se utilizan para reemplazar un órgano o tejido dañado genéticamente, al diferenciarse ¿no volverán a mostrar el mismo daño genético? Las investigaciones futuras podrán hallar las respuestas.

En resumen, se está abriendo un nuevo camino lleno de posibilidades, ya que las células pluripotentes inducidas podrían producir sin límites cuantitativos células inmunocompatibles aptas para la medicina regenerativa de tejidos y para los trasplantes, así como servir de origen para reemplazar a células no funcionales: las células beta pancreáticas en la diabetes, las hematopoyéticas en leucemias o las neuronas motoras en el caso de la enfermedad de Parkinson.

LAS IPS EN LA POLE

AUNQUE NOS HEMOS REFERIDO CON ANTERIORIDAD A ELLO LOS AVANCES se suceden a tal velocidad que se acumulan nuevas consecuciones esperanzadoras que merecen ser comentadas. Se trata de las células madre o troncales cuya obtención no necesita ser embrionaria sino que proceden de células diferenciadas somáticas normales que son inducidas a convertirse en células troncales iPS (induced Pluripotent Stem cells) *células inducidas pluripotentes*, prácticamente con las mismas propiedades que las embrionarias y sin necesidad de destruir ningún embrión.

CONTROVERSIAS • La potencialidad terapéuticas de las células troncales (en general) para la medicina regenerativa son enormes. Las discusiones éticas sobre la obtención y uso de las de origen embrionario son bien conocidas. Las actuaciones de los políticos terciando en el tema y tomando decisiones legales y económicas al respecto han sido, frecuentemente, contundentes y se está demostrando que, en bastantes ocasiones, equivocadas. Afortunadamente, la ciencia puede finalizar muchas discusiones ideológicas estériles y colocar cada cosa en su lugar.

Así está ocurriendo con este problema tras una serie de investigaciones realizadas estos tres últimos años:

- En Japón, el grupo de Shinya Yamanaka, trabajando sobre ratones, fue el pionero en su obtención. Sir Martin Evans, premio Nobel de Medicina en el año 2007 calificó de mágica a esa consecución.
- Los resultados fueron confirmados muy poco después por el equipo investigador de Rudolf Jaenisch.
- Desde hace algo menos de un año esos excelentes hallazgos se vienen reproduciendo, usando células humanas.
- El proceso de reprogramación celular usado para la obtención de las células madre pluripotentes inducidas (capaces de convertirse en las variadas células especializadas de nuestros diferentes órganos y tejidos) produce células iPS con propiedades similares a las células madre embrionarias, indistinguibles de ellas.

- Para lograr inducir la conversión se necesita la colaboración de unos pocos genes y/o de algunos virus particulares, en principio retrovirus, lo que pudiera provocar algunas complicaciones porque alguno de los genes usados en el reciente comienzo de esta técnica poseen potencialidad tumoral y porque el material genético de los virus se puede integrar en el propio genoma de la célula.

LOGROS • En cualquier caso, el esfuerzo en el campo de las iPS está resultando inmenso y con resultados muy veloces. Hace poco investigadores de la Universidad de Kyoto lograron la primera patente sobre un eficaz procedimiento de obtención de células iPS y la acumulación de nuevos y prometedores resultados sobre esta técnica se puso de manifiesto con la celebración en Kyoto, Japón, del Primer Simposio Internacional sobre iPS, con el subtítulo de Fronteras y Futuro, en el que participaron más de 1.200 especialistas de todo el mundo.

La sensibilidad científica al respecto de los japoneses la expuso Kisaburo Tokai, ministro de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología, al afirmar que “la consecución de las células iPS constituye un gran logro en la historia de las ciencias de la vida, por lo que espero que tanto el gobierno como la industria ofrezcan las mayores de las colaboraciones posibles”. Una sesión del simposio fue destinada a conocer los avances de las aplicaciones de las iPS en la medicina regenerativa, concretamente en la diferenciación de células óseas y cardíacas (en Israel), la regeneración del sistema nervioso central de primates (en Japón), de la retina (en Japón) y de los tejidos productores de insulina, para luchar contra la diabetes 1 (en Suecia). Por cierto, en relación con este último tema es de destacar que en USA, en el Harvard Stem Cell Institute, usando la técnica que denominan de reprogramación directa, sus científicos han logrado convertir en ratones las células exocrinas que constituyen hasta un 95% del páncreas y que no son productoras de insulina en células beta pancreáticas productoras de insulina, sin necesidad de retornar al estado embrionario, usando el concurso de tres genes específicos.

Hay que recordar el poco tiempo transcurrido desde la obtención de las primeras iPS humanas (noviembre del 2007) y que los datos esperanzadores se suceden sin cesar. Por ejemplo, investigadores del Harvard Stem Cell Institute y de la Columbia University han convertido células de la piel de pacientes con esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Gherig) en iPS pluripotentes. Tras ello, consiguieron la diferenciación de estas iPS creadas hasta el tipo de células neuronales como las destruidas por la enfermedad, siendo muy destacable que el punto de partida fueron células procedentes de personas ancianas.

También hace poco se ha iniciado otro gran proyecto, con la inauguración del primer banco de células iPS, el WiCell Bank, que ha tenido lugar en la Universidad de Wisconsin con la finalidad de crear, probar, almacenar y distribuir líneas celulares que complementen a las hasta ahora sólo 21 líneas celulares humanas (embrionarias) que maneja el National Stem Cell Bank.

VIRUS • La revista SCIENCE acaba de publicar un artículo en el que han colaborado investigadores del Massachusetts General Hospital Cancer Center y de otras tres instituciones de Boston, el Center for Regenerative Medicine, el Harvard Stem Cell Institute y el Joslin Diabetes Center. Como indica su título, *Induced Pluripotent Stem Cells Generated Without Viral Integration* lo que han desarrollado estos investigadores ha sido un procedimiento de generar células iPS utilizando virus que no se integran por sí mismos en el genoma de los huéspedes, eludiendo el problema al que antes nos referíamos así como la preocupación de que el genoma vírico pudiera ser el punto de partida para el desarrollo posterior de tumores. Este nuevo descubrimiento ha demostrado que no era un sueño la posibilidad de obtención de las iPS sin el inherente problema genético de la asociación del genoma vírico. También se ha comprobado que el proceso se puede realizar en una gran variedad de células especializadas entre las que han comprobado las pulmonares, cerebrales y cardíacas, sin que en ningún caso hayan observado la aparición de efectos laterales indeseados.

Los especialistas consideran que el logro es un gran paso hacia la meta final de la aplicación clínica terapéutica de las iPS en terapia celular y tratamientos de enfermedades humanas. Con anterioridad ya se han realizado pruebas con otras células reprogramadas parecidas que han conseguido paliar síntomas de la enfermedad de Parkinson o de la anemia falciforme en ratones, por lo que las puertas de la esperanza para su aplicabilidad humana están abiertas, aunque todavía quede por demostrar que estas iPS sean tan eficaces en sus aplicaciones terapéuticas como las células madre embrionarias.

UN MUNDO TRANSGÉNICO

EL SERVICIO INTERNACIONAL PARA LA *ADQUISICIÓN DE APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA* (ISAAA, de sus siglas en inglés) es una organización sin fines de lucro que pretende divulgar los beneficios de las nuevas biotecnologías agrícolas a los países en desarrollo más pobres, a la vez que insiste en la necesaria creación de un entorno propicio para su uso seguro (<http://www.isaaa.org>). Auspiciada por la Fondazione Bussolera-Branca de Italia, la española IberCaja y la potente Fundación Rockefeller americana, anualmente publica un informe sobre la situación mundial de los cultivos transgénicos.

DATOS • En otras ocasiones nos hemos ocupado de diversos aspectos sobre el debate transgénico y los OGM (organismos genéticamente modificados), tal como se puede consultar en el canal *Ciencia y Salud* de la versión digital de La verdad. En esta ocasión no se trata de mostrar ningún argumento favorable o crítico respecto a estas aplicaciones biotecnológicas sino simplemente de informar sobre cuál es la situación de los alimentos transgénicos en el mundo, cuál ha sido su evolución más reciente y cuál será su previsible futuro. Para ello nos basaremos en el documentadísimo último estudio (el número 37) publicado por la ISAAA que recoge las cifras conocidas hasta finales del año 2007, en el que los dos hechos más destacables son: primero, el aumento en el año 2007 de la superficie de los cultivos biotecnológicos mundiales en más de un 12%, es decir, en unos 12,3 millones de hectáreas; segundo, que el ritmo de crecimiento de los cultivos biotecnológicos es más vivo en los países en desarrollo (en número de 12) que en los industrializados (11 países) por lo que, a pesar de la posición inicial desfavorable para los primeros, en la actualidad su contribución relativa al global mundial es muy parecida, aproximadamente un 50%, para cada uno de los grupos de países, siendo ya 23 países los que acogen en sus cultivos las técnicas biotecnológicas.

Estos países son, en orden decreciente de superficie usada los que se indican a continuación: Estados Unidos, Argentina, Brasil, Canadá, India, China, Paraguay, Sudáfrica, Uruguay, Filipinas, Australia, España, México, Colombia, Chile, Francia, Honduras, República Checa, Portugal, Alemania, Eslovaquia, Rumania y Polonia. Concretamente la superficie utilizada en

Estados Unidos es 57,7 millones de hectáreas repartidas entre soja, algodón, canola, calabaza, papaya y alfalfa, mientras que los 3,8 millones de hectáreas chinas se dedican a algodón, tomate, álamos, petunias, papaya y pimiento dulce. En España es el maíz quien monopoliza prácticamente las 100.000 hectáreas usadas para cultivos transgénicos.

Definiendo el valor del mercado agrobiotecnológico como el importe de la suma del precio de las semillas transgénicas más los derechos aplicados por su uso tecnológico, diversos cálculos indican que en el año 2007 el mercado agrobiotecnológico mundial casi alcanzó un valor de 7.000 millones de dólares, mientras que en el 2008 superará los 7.500, y que ello significó un 20% del importe global de todo el mercado mundial de semillas comestibles. En cuanto a su distribución porcentual por tipo de cultivo, la parte del león (que sigue creciendo) corresponde al maíz (47%), seguido de la soja (37%), algodón (13%) y canola (3%).

CANOLA • Por cierto, ¿saben Uds. lo que es la canola? Pues, más o menos modificada, la canola es lo mismo que la colza. Las siglas canola se corresponden a *canadian oil low acid* o aceite canadiense bajo en ácido. A partir de cultivos de colza, en 1960 los investigadores canadienses utilizaron métodos tradicionales de reproducción vegetal para disminuir su proporción de ácido erúxico y de glucosinolatos, denominando a este aceite refinado canola. En la Unión Europea, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas inglesas) define al aceite de canola canadiense como “aceite de colza refinado y bajo en ácido erúxico”, cuya procedencia es la semilla de la colza *Brassica napus*.

En España, el consumo de aceite de colza adulterado provocó el *síndrome del aceite tóxico* en el año 1981, que causó la muerte y enfermedades crónicas a cientos de personas. Por ello, se rehúye comercialmente ese nombre y se acude al de canola. En todo caso diversos organismos sanitarios han reconocido las excelentes cualidades cardiosaludables del aceite de canola o colza, debido a su alto contenido en ácidos omega-3. Precisamente, uno de los estudios más famosos sobre la relación entre los omega-3 de origen vegetal y el riesgo de enfermedad cardíaca fue el Estudio del Corazón con la dieta Lyon realizado entre adultos que ya habían sobrevivido un ataque al corazón. En este estudio, los voluntarios incrementaron su consumo en omega-3 procedentes de canola en un 68%. Al concluir el estudio, un año después, tenían menos colesterol en sangre y más colesterol HDL (“bueno”) que los controles y ello se relacionó con una reducción del 70% en eventos coronarios y muertes por enfermedad cardíaca.

DESARROLLO • El año 2015 será el año de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. También se cumplirán los 20 años del inicio de la comercialización de cultivos transgénicos. Hay que tener en cuenta que según el reciente (2008) informe *Agricultura para el desarrollo* publicado por el Banco Mundial “la Agricultura es un instrumento de desarrollo fundamental para alcanzar el objetivo de desarrollo del milenio de reducir la proporción de personas que padecen hambre y viven en la extrema pobreza”. Y, muchos expertos opinan que, necesariamente hay que acudir a un uso controlado y razonable de la biotecnología transgénica agrícola como ayuda para alcanzar los cinco objetivos marcados:

1. Aumentar la productividad agrícola mundial para mejorar la seguridad del suministro de alimentos, pienso y fibra en sistemas de producción agraria sostenibles que, además, conserven la biodiversidad, al obtenerse una mayor productividad en menos espacio lo que combatirá indirectamente a la deforestación y las quemas.
2. Contribuir a la reducción de la pobreza y el hambre. El ejemplo del algodón transgénico ha sido alentador en cuanto al incremento de renta de muchos agricultores pobres. No hay que olvidar que el 50% de los pobres del mundo son pequeños agricultores.
3. Reducir la huella ecológica de la agricultura (por la reducción de pesticidas, de las técnicas de roturación, mayor eficiencia en el consumo de agua, etc.)
4. Luchar contra el cambio climático y el efecto invernadero, mediante el uso de los cultivos más adecuados.
5. Producción rentable de biocombustibles ya que la biotecnología puede usarse para optimizar la productividad y rentabilidad de la biomasa por unidad de superficie.

*Genética molecular
y Biotecnología.
Mininoticias*

GENÓMICA • Aun no es factible realizar una determinación genómica personal completa rápida y barata. Pero diversas empresas ya ofrecen complejos análisis genéticos personales que cubren entre 600.000 y dos millones de variantes genéticas relacionadas con diversas patologías. Uno de los clientes ha sido Sergey Brin, cofundador de Google. Y la empresa de California 23andMe les ofreció tests gratis a todos los líderes mundiales que asistieron al último Foro Económico Mundial de Davos, en Suiza. Basta un poco de saliva. ¿El precio comercial? 399 dólares.

PGP • Son las siglas de *Personal Genome Project*, Proyecto Genoma Personal, que dirige el genetista George Church de la Harvard Medical School de Boston. Pretende convencer a 100.000 personas para que se investigue sus genomas y se introduzca la información en un banco de datos público y gratuito a disposición de los científicos de todo el mundo. Entre los primeros 10 voluntarios se encuentra el propio Church y ya han pedido su inclusión más de 5.000 peticionarios.

MEDICINA PERSONALIZADA • Se basará en la concurrencia de los datos clínicos personales que tenga cada paciente, los genéticos (basados en su ADN), los -ómicos derivados de técnicas genómicas (y de las proteómicas, transcriptómicas o metabolómicas), así como de las informaciones de su ambiente vital. Ello permitirá una mejor prevención, una evaluación predictiva de los riesgos, la adopción de medidas eficaces antes de que aparezcan signos clínicos de diversas enfermedades, terapias individuales más efectivas y tempranas y, se espera, que también, globalmente, ello lleve a una reducción de los gastos sanitarios.

EJEMPLO • Ya existen ejemplos de aplicaciones prácticas genómicas. Así, en el cáncer de mama es posible realizar el análisis y diferenciación entre las formas genéticas *HER/2neu* positivas y negativas. El primer caso se relaciona con la forma más agresiva de la enfermedad con lo cual el tratamiento aplicado es diferente que en el caso contrario. Lógicamente el tratamiento farmacológico también es diferente. También se conocen ya algunos SNP relacionados con enfermedades como cardiopatías, diabetes 2, obesidad, enfermedad de Crohn, artritis reumatoide, cáncer de próstata, degeneración macular, etc.

FARMACOGENÓMICA • La farmacogenética trata de estudiar las variaciones genéticas responsables últimas de que las respuestas de diversas personas hacia un determinado medicamento sean diferentes. La farmacogenómica utiliza la tecnología genómica para comprender los efectos de los genes más relevantes sobre el comportamiento de un medicamento, así como la situación inversa, el efecto de un medicamento sobre la expresión génica.

MAÍZ • Se ha dado a conocer el borrador del genoma del maíz, el segundo genoma de cultivos completado (el primero fue el arroz). Tiene un tamaño similar al del genoma humano y mucho mayor que el del arroz y posee entre 50.000 y 60.000 genes (el doble que el genoma humano). Gran parte de la información se encuentra accesible para todos los investigadores del mundo, en la base de datos pública de ADN GenBank, y en el sitio maizesequence.org. Esta información es vital para los programas de mejoramiento que desean desarrollar variedades con tolerancia a los cambios climáticos, o con mejor contenido nutricional o para mejorar el rendimiento y mejora del cultivo.

CÉLULAS MADRE • En mayo del 2008, en una reunión científica celebrada en Kyoto, se ha expuesto el éxito obtenido por investigadores chino-británicos en la creación de células inducidas pluripotentes humanas y de ratón, sin *manipulación genética* sustituyendo algunos de los 4 genes que hasta ahora eran necesarios para lograrlo (alguno de los cuales era cancerígeno) por determinadas sustancias químicas sintéticas escogidas adecuadamente de entre más de 50.000 consideradas. Se piensa que estas células tendrán menos tendencia a malignizar que las usadas hasta ahora y que su producción será optimizada antes de dos años.

RESTAURACIÓN ÓSEA • Las dificultades para inducir reparaciones óseas usando células madre adultas humanas puede verse extraordinariamente facilitada tras el descubrimiento, publicado en la revista PNAS (mayo 2008), hecho por investigadores de la Universidad holandesa de Twente, de los excelentes efectos que tiene la activación previa de las células en el laboratorio utilizando una enzima, la PKA (proteína quinasa dependiente de AMP cíclico).

CÓRNEA • Científicos de la Universidad de Granada, del grupo de investigación de Ingeniería Tisular han hecho el primer modelo de cornea artificial utilizando células madre del limbus esclerocorneal de conejo. Los científicos han conseguido un reemplazo completo de la córnea usando diversos protocolos en los que las células madres procedentes de los conejos se colocan, para su crecimiento y diferenciación sobre diversos soportes especiales de carácter polimérico. Se espera que el sistema tenga aplicabilidad humana en corto tiempo.

MÁS • He aquí algunos comentarios sobre la obtención de células madre a partir de flujo menstrual publicado en la revista NEW SCIENTIST por su redactor científico Alison Motluk: www.newscientist.com/article/dn12924-menstrual-blood-could-be-rich-source-of-stem-cells.html; el texto del artículo: www.translational-medicine.com/content/pdf/1479-5876-5-57.pdf; la relación entre menstruación y supersticiones: www.medspain.com/n7_nov99/artic03_1.html o en: 62.81.205.108/Paginas.asp/Contenidoosecciones.asp?ID=1396&Nombre=SALUD&pos=1.

REPROGRAMACIÓN • Dos equipos de científicos, uno americano (Dr. James Thomson, en Wisconsin, revista SCIENCE) y otro japonés (Dr. Shinya Yamanaka, en Kioto, revista CELL) han conseguido (noviembre 2007), usando metodologías diferentes, reprogramar células epiteliales de diferentes procedencias, incluyendo la de personas adultas, a un estado embrionario, es decir, hasta comportarse como células madre embrionaria, diferenciable a células de diferentes tejidos. Aunque aún no se conocen los riesgos de alteraciones genéticas, estos excepcionales logros abren muchas esperanzas hacia un futuro de lejanía todavía sin determinar al poder eliminar de los autotrasplantes el riesgo de rechazo.

VAGINA • La doctora Cinzia Marchese, del Azienda Policlínico Umberto I de Roma, ha logrado reconstruir las vaginas de dos mujeres que padecían una extraña malformación congénita, llamada síndrome Mayer-Von Rokitansky-Kuster-Hauser (MRKHS), que afecta a alrededor de una de cada 4.000 mujeres usando células madre de las propias pacientes. Es la primera vez que se consigue producir tejido vaginal en un laboratorio, según ha informado la

revista HUMAN REPRODUCTION. Las mujeres con ese síndrome generalmente presentan útero, ovarios y órganos sexuales secundarios externos, como los pechos, pero nacen sin vagina, por lo que no pueden ser penetradas ni dar a luz.

NABI • La empresa Nabi Pharmaceuticals, ubicada en Boca Raton (EE.UU.) aplica una aproximación biotecnológica parecida para desarrollar y comercializar diversos productos, semejantes a la vacuna contra la nicotina. Por ejemplo, el StaphVAX(R) es una vacuna de estafilococo aureus y conjugado de polisacáridos diseñada para prevenir las cadenas más peligrosas y prevalentes de infecciones bacterianas por estafilococo aureus. La bacteria *S. aureus* es una de las principales causas de las infecciones nosocomiales y cada vez es más resistente a los antibióticos. La empresa ya dispone de la autorización en Europa.

PLÁSTICOS BACTERIANOS • La fabricación de plásticos es una industria bastante contaminante y energéticamente consumidora. Bacterias tan usuales como *Escherichia coli* se relacionan con envenenamientos alimenticios. Científicos de la empresa biotecnológica americana Genomatica Inc. han anunciado sus primeros éxitos en el uso de esas bacterias, genéticamente modificadas, usándolas como factorías productoras de butanodiol, punto de partida de la fabricación de multitud de polímeros plásticos sin tener que consumir petróleo o gas natural, sino alimentos bacterianos derivados de residuos vegetales y azúcares, realizándose el proceso a presión y temperatura normales.

NANOTUBOS Y CARTÍLAGO • En la revista JOURNAL OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH PART A (junio 2008) investigadores americanos muestran los buenos resultados conseguidos en la obtención de tejido conectivo usando como base un polímero de policarbonato uretano con nanotubos de carbono sobre los que situaron condrocitos, es decir, células formadoras de cartilago. Para estimular el proceso se hacen pequeñas descargas eléctricas a través de los nanotubos, que son excelentes conductores eléctricos. Desde hace unos meses están usando el proceso en algunos animales, para sustituir articulaciones dañadas por otro nuevo tejido conectivo.

POLÉMICA • Grande ha sido la ocasionada por el doctor J. Craig Venter, quien lideró el esfuerzo privado por secuenciar el genoma humano, al pretender patentar los resultados conducentes a la generación de un organismo vivo sintético que pueda crecer y replicarse libremente. La solicitud de patente ha indignado a algunos ambientalistas. El grupo canadiense ETC, que monitoriza el desarrollo de la biotecnología ha hecho un llamamiento a las autoridades que otorgan licencias para que la rechacen.

