

El mundo en 2030



RAY HAMMOND

El mundo en 2030



Traducido al español por Marie-Christine Seguin

éditions
yago

ISBN: 978-2-916209-55-5
Editions Yago 2008
www.editions-yago.com
yago@editions-yago.com

Impreso en Itxaropena S.A. 20800 Zarautz (Spain)
itxaropena@itxaropena.net

Diseño del libro por Marc-Antoine Bombail
www.mab-creations.ch

El autor y sus asesores - consultores:

Ray Hammond

Ray Hammond es un futurólogo que, durante 25 años, ha investigado, escrito y divulgado verbalmente cómo las tendencias futuras pueden afectar a la sociedad y a la economía. Autor de cuatro novelas futuristas, diez ensayos y documentos, y diversos guiones para el cine, la televisión y la radio, sus trabajos han alcanzado la categoría de *best-sellers* en Estados Unidos, Inglaterra, Francia, España, República Checa, Eslovaquia, Polonia, Japón y China.

Professor Allison Druin

Allison Druin es Directora del *Human-Computer Interaction Laboratory* de la Universidad de Maryland, USA. También es Comisaria estadounidense, nombrada por la Casa Blanca, en la *United States National Commission on Libraries and Information Science*.

Mike Childs

Mike Childs es Director de Campañas de *Friends of the Earth*. Fundada en 1971, es una entidad internacional que trata de proteger y mejorar las condiciones de vida de nuestro planeta, ahora y en el futuro.

Professor I. M. Dharmadasa

I.M. ('Dharme') Dharmadasa es Profesor del *Centre for Electronic Materials and Devices* de la Universidad de Sheffield Hallam, Gran Bretaña. Además de su dedicación a la investigación en el campo de las tecnologías solares, se ocupa activamente de la divulgación de los trabajos sobre posibilidades de aplicación de las energías renovables. También ha desarrollado el programa *Village Power*, que utiliza la energía solar en el medio rural para ayudar a la lucha contra la pobreza.

Agradecimientos

Debo mucho a los tres asesores-consultores, Mike Childs, Allison Druin y “Dharme” Dharmadasa. Su entusiasmo y su diligencia leyendo mis borradores, sugiriéndome modificaciones y guiándome hacia nuevas fuentes de investigación han sido decisivos; les agradezco mucho todos sus consejos y aportaciones.

Diversos miembros de la dirección de *PlasticsEurope* me han obsequiado también con generosas aportaciones de su tiempo; agradezco a Wilfried Haensel, a Jan-Erik Johansson, a Hans Van Doorn, a Wolfgang Siebourg y a Peter Orth su contribución. Y debo un especial reconocimiento a Phillip Davison, que ha dirigido el proyecto para *PlasticsEurope*, así como a Debbie Parris y a William Andrews, de Blueprint Partners, que se han ocupado de la comunicación externa y de los servicios de diseño.

Indice

1.	Introducción	7
2.	El telón de fondo del mundo en 2030	13
3.	<i>Capítulo 1: Aceleración exponencial del desarrollo tecnológico</i>	47
4.	<i>Capítulo 2: Cambio climático y medio ambiente</i>	105
5.	<i>Capítulo 3: El futuro de la energía</i>	179
6.	<i>Capítulo 4: La vida cotidiana en 2030</i>	259
7.	<i>Capítulo 5: Salud humana y longevidad</i>	303
8.	Referencias	341



Introducción

Este informe ha sido solicitado por *PlasticEurope*^a, la asociación empresarial que representa a la industria europea productora de plásticos. La petición original de *PlasticEurope* indicaba su propósito de disponer de un trabajo que describiera el modo de vida futuro y las tendencias de las emociones, las aspiraciones y las ambiciones de la mayor parte posible de los ciudadanos del mundo, mostrando, también, el sólido valor de los plásticos como materiales del siglo XXI.

Yo puse como condición, y se me concedió, disponer de una independencia y de un control absolutos en el contenido del trabajo. Me encantó comprobar que *PlasticEurope* deseaba que el cambio climático, la sostenibilidad y la eficiencia energética fueran las bases del informe.

Mi investigación me ha revelado que la industria de plásticos es beneficiosa en la generación de emisiones y sus derivados serán de gran utilidad para abordar el calentamiento climático. Aunque básicamente proceden del petróleo, el bajo peso y la alta resistencia de los plásticos (en los componentes de automóvil, la construcción de aviones, el transporte de mercancías, el aislamiento de edificios, etc.) significan que su utilización economiza, en realidad, mucha más energía y carbono que su fabricación. Sin embargo, los

^a Cf. <http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp>.

residuos de los plásticos pueden presentar un serio problema medioambiental.

Al realizar las investigaciones necesarias para la elaboración de este estudio, he utilizado la ayuda de diversos asesores expertos, aunque debo decir que las conclusiones a que he llegado no representan, obligatoriamente, sus puntos de vista, ni, tampoco, los de *PlasticsEurope*. Yo soy el único responsable del contenido de este documento así como de las conclusiones a las que llega.

Se dice muchas veces que es imposible predecir con certeza el porvenir y que cualquier ejercicio de futurología es inútil. Incluso, en ocasiones, se considera esta disciplina como sospechosa. No obstante, la definición del término dada por el *Oxford English Dictionary* indica claramente que la ‘futurología’ radica más en estudiar las tendencias del presente, para extrapolar luego a partir de ellas, que en especular sin fundamento o en adivinar con una bola de cristal.

Futurología: predicción sistemática del futuro, especialmente mediante el estudio de las tendencias actuales de la sociedad humana¹.

Aunque no podamos predecir acontecimientos futuros concretos, es posible identificar las tendencias y los desarrollos venideros, que pueden tener un impacto importante en nuestro futuro. Una larga práctica en reflexiones, conferencias y escritos sobre el futuro –la disciplina de la futurología– permiten obtener resultados fiables, muy superiores a las previsiones de quienes no estudian regularmente el progreso y el devenir humanos.

Negarnos la facultad de proyectar hacia el futuro es como negar a la especie humana una de sus características constitutivas: la de contemplar y planificar los acontecimientos que han de llegar.

Por eso, aunque puedan resultar inexactos muchos de los atributos de este ejercicio visionario, espero que mi trabajo (y las contribuciones de mis asesores) permita identificar muchas tendencias y tecnologías que ejercerán una influencia importante en nuestras vidas durante el próximo cuarto de siglo. Pensar en estas tendencias y, cuando es preciso, intervenir para asegurar el mejor desenlace posible, es responsabilidad de todos nosotros. El pasado y el presente no pueden modificarse. Sólo el futuro es, de alguna manera, administrable. Deseo que este libro contribuya, como una modesta aportación, a mejorar el mundo de 2030.

Ray Hammond
Londres, octubre de 2007



El telón de fondo del mundo en 2030

Hay seis factores, clave, de cambio que condicionarán el mundo en 2030:

1. La explosión de la población mundial y los cambios en las demografías de las distintas sociedades
2. El cambio climático y el medio ambiente
3. La amenazante crisis energética
4. La creciente globalización
5. La aceleración del desarrollo exponencial de la tecnología
6. El modelo de “Prevención-Extensión” en medicina (prevención de enfermedades y extensión del periodo de vida)

Muchos otros factores influirán también sobre la vida humana y la sociedad de los países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, de aquí a un cuarto de siglo, pero los seis indicados son, sin duda, los más determinantes del cambio.

1. La explosión de la población mundial y los cambios en las demografías de las distintas sociedades

Mi primera, e inevitable, conclusión, es que hay ya demasiados habitantes en el planeta. Y las previsiones más creíbles

indican que la población mundial crecerá, como mínimo, en un 50%, antes de que la tasa de crecimiento demográfico empiece a disminuir.

Hoy día, hay cerca de 7 mil millones de seres humanos en la Tierra. En 2030, habrá más de 8 mil millones. Y a mediados de siglo la cifra se aproximará a los 9 mil millones². Es la evaluación oficial “media” del Departamento de Población de las Naciones Unidas, pero muchas otras instituciones y organizaciones piensan que esta evaluación es, en realidad, demasiado baja. Las propias Naciones Unidas reconocen, en su proyección alternativa de “alta variante”, que la población mundial podría duplicarse de aquí a 2050 –una proyección que sugiere, ya para 2030 (y no para 2050) una población de 9 mil millones en la Tierra³.

De los muchos factores que participarán en aumentar el número de seres humanos, usuarios de los recursos del planeta, hay que contar, especialmente, con la intervención médica filantrópica, que acabará por erradicar muchas enfermedades impulsoras de la alta mortalidad en el continente africano, y que llevará una esperanza de vida mucho mayor a los países desarrollados^a.

Este enorme aumento de la población planteará serios problemas en todas las naciones del mundo. Como indica el Dr. James Canton, un futurólogo norteamericano, consejero

^a En las comunidades más pobres, las familias numerosas cubren una auténtica necesidad económica y social (proporcionando mano de obra barata y seguridad contra la alta tasa de mortalidad infantil). Pero, a pesar de los grandes esfuerzos filantrópicos para distribuir condones de plásticos y de caucho (para proteger contra enfermedades) tal previsión no es suficiente para reducir la tasa de natalidad en el futuro previsible.

durante tres gobiernos sucesivos en la Casa Blanca, en su libro publicado en 2006, *The Extreme Future*:

“La gestión global de nueve mil millones de personas y la exigencia de tratamiento médico, comida, trabajo, alojamiento y seguridad, será el desafío más angustioso al que ninguna civilización se haya enfrentado nunca...”

Sustentar a nueve mil millones de individuos en 2050 con un medio ambiente que hoy ya es inadecuado para seis mil millones es un desafío de grandes proporciones. Necesitamos cambiar por completo nuestra visión del medio ambiente para prepararnos lo mejor posible al cambio climático que viene. No podemos mantener el planeta sin una agricultura avanzada y acelerada si queremos evitar un futuro de hambre masiva.”

Según el *World Wildlife Fund*⁴, 1986 fue el año en el que el número de seres humanos vivos alcanzó el límite de capacidad natural de la Tierra. La organización añade que si en 2050 la población mundial alcanza los nueve mil millones, necesitaremos el equivalente a los recursos de dos planetas para vivir. Los inevitables resultados serán, según dicen, océanos vacíos de peces por culpa de la sobrepesca, pastos sobreexplotados, bosques destruidos, océanos altamente contaminados y atmósfera sobrecalentada.

Se llega a tales conclusiones por proyección lineal. Pero los futurólogos modernos saben que tales proyecciones no tienen por qué ser ciertas. A principios de los años 60 y 70,

se predijo, trágicamente, que el mundo padecería hambre en el 2000^b. Condujo a esa conclusión un cálculo sencillo, comparando el crecimiento demográfico esperado con la producción agrícola anual mundial. Los pesimistas que predijeron el hambre no tuvieron en cuenta el potencial de la “Revolución Verde”, ya en marcha al mismo tiempo que establecían sus pronósticos. Desde los años 50, la mejora de los fertilizantes, los programas de producción de semillas y los métodos de la agricultura industrial estimularon la producción agrícola a un aumento porcentual de varios centenares. No hubo, globalmente, falta de víveres en el 2000, aunque buena parte del mundo padeció hambre.

En 2030, es de prever que la producción alimenticia habrá experimentado nuevas revoluciones. La modificación genética de los cultivos y de los ganados producirá, por un lado, semillas que podrán crecer en las más duras condiciones (a pesar de las inquietudes acerca de los derechos de propiedad de comercialización agrícola –ver el capítulo “Cambio climático y medio ambiente”) y, por otro, carne que podrá ser auto-desarrollada industrialmente⁵, sin animal portador. La ‘plasticultura’ –presencia y acción de los plásticos en la agricultura– y los sistemas de riego permiten ya que los agricultores europeos produzcan varias cosechas por estación. Estas técnicas están siendo ampliamente exportadas para aumentar la producción alimenticia en los países en vías de desarrollo.

En efecto, a causa del cambio climático, no podemos seguir deforestando el planeta para que crezcan más semi-

^b Alarmó, especialmente, el libro *The Population Bomb* de Paul Ehrlich, de la Stanford University, publicado en 1968. En él se sugería que la sobrepoblación pronto llevaría a una carencia de víveres, de petróleo y de otros recursos. Fue un error espectacular, pero vino a ser como un toque de corneta que despertó el movimiento ecologista moderno.

llas y para que se críe más ganado. Hemos superado ya el porcentaje de tierras que deberían ser dedicadas a la agricultura y el planeta no da ya más de sí. Como dice el profesor James Lovelock, uno de los primeros científicos en referirse al problema del cambio climático y el hombre que divulgó el concepto de “Teorías Gaia” (la Tierra como un organismo)^c, en *The Revenge of Gaia*:

“Me gusta especular con la posibilidad de que podríamos sintetizar todos los alimentos necesarios para ocho mil millones de personas y abandonar la agricultura...”

Los productos químicos necesarios para la síntesis de alimentos procederían directamente del aire o, más cómodamente, de derivados del carbono obtenidos de los residuos de las centrales eléctricas, y no necesitaríamos más que agua y oligoelementos.”⁶

Otro factor que tendrá un impacto mayor en la producción agroalimentaria es el cambio climático, pero este impacto es más difícil de pronosticar y variará según las regiones. Basta decir que los avances tecnológicos en materia agroalimentaria seguirán ofreciendo potencial para alimentar a la población terrestre, en enorme aumento, aunque en las regiones más desfavorecidas del mundo la pobreza, la corrupción, las políticas equivocadas y los conflictos armados (así como, en ciertos lugares, las variaciones brutales del clima), sigan provocando un hambre mayor. Se anuncia, sin embargo, a menudo, una carencia importante de agua potable en algu-

^c El primer científico que consideró la tierra como un organismo vivo fue Vladimir Vernadsky, nacido en Rusia. Divulgó la teoría en su libro, publicado en 1926, *Biosfera*.

nas partes del mundo, (el agua dulce sólo representa el 2,5%⁷ del agua del planeta, en su mayoría helada). Hoy en día, más de mil millones de seres humanos carecen de acceso al agua potable. Las enfermedades causadas por agua contaminada generan 1,8 millones de muertes cada año y representan hasta el 80% de todas las enfermedades en los países en vías de desarrollo ⁸.

La presión ejercida para acceder al agua se ilustra bien en el informe publicado por *US Nation & World Report* en mayo de 2007:

Durante los últimos 40 años, el lago Tchad, al Norte de África, se ha reducido hasta llegar a ser una décima parte de lo que era, en contenido, afectado por decenios de sequía y por las necesidades de riego de la agricultura que obtiene el líquido de los ríos que lo alimentan –habiéndose crecido el número de personas que dependen de él para subsistir. En 1990, la cuenca del lago Tchad permitía que vivieran alrededor 26 millones de personas; en 2004, eran ya 37,2 millones. A lo largo de los 15 próximos años, los expertos predicen que 55 millones de seres humanos dependerán del mismo lago Tchad, que se reduce, y de sus ríos, demasiado asfixiados para sobrevivir.

El aumento de la población ha coincidido con un descenso de las precipitaciones del 25%, debido, probablemente, al calentamiento del planeta. Los océanos almacenan más calor y la diferencia de la temperatura entre la parte líquida y la sólida, en la Tierra, cada vez menor, resta poder a los monzones

productores de lluvia. Al mismo tiempo, la gente, desesperada, está sobreutilizando los pozos.

El lago Tchad, con su cúmulo de problemas, es emblemático en la crisis de agua que se está desarrollando en todo el mundo. En la zona Oeste de los Estados Unidos, que debe enfrentarse a graves problemas de agua, el dinero y la experiencia americanos pueden, por lo menos, aminorar el impacto. Pero no ocurre lo mismo en otras partes del mundo. A escala mundial, hay 1,1 miles de millones de seres humanos con falta de agua potable, 2,6 miles de millones de personas sin asistencia sanitaria y 1,8 miles de millones de niños muertos cada año una de las causas anteriores, por la otra, o por ambas. Para 2025, las Naciones Unidas predicen que pueden ser 3 mil millones los que busquen, desesperadamente, agua potable.

También prevén las Naciones Unidas que a partir de la mitad de este siglo, entre 2 y 7 mil millones de individuos se enfrentarán a la escasez de agua, lo que acarreará, seguramente, trastornos políticos graves y conflictos armados^d.

En junio de 2007, Crédit Suisse publicó un informe titulado “El agua”. En él, la entidad bancaria subraya:

- La demanda de agua se duplica cada año -a una velocidad dos veces mayor que el aumento de la población.

e Sin embargo, hay diversos esfuerzos a largo plazo para afrontar el problema de la falta de agua y se han depositado muchas esperanzas en una nueva nano-membrana de plástico, capaz de convertir el agua salada en agua potable.

- El volumen de agua utilizado se ha multiplicado por dos durante los últimos 45 años.
- El 70% de la demanda global de agua procede de la agricultura, el 22% de la industria y el 8% de los hogares.
- La cantidad total de reservas de agua es la misma hoy que hace 10.000 años.
- Asia alberga a 700 millones de personas que beben agua contaminada y a 2 mil millones que no tienen una adecuada asistencia sanitaria.
- El consumo americano de agua es un 70% superior al de Europa.
- Se calcula que una tercera parte de la población mundial vive ya con escasez de agua, lo que lleva a que haya países con auténtica angustia.
- En la mayoría de las naciones, el costo del agua no refleja verdaderamente el valor de su explotación.
- Se estima que el 85% del agua de uso doméstico termina malgastado.
- En 2025, 18 países tendrán una demanda de agua superior a sus recursos y 58 países (o sea el 64% de la población) vivirán bajo presión⁹.

No parece necesario indicar que las tuberías y los contenedores de plásticos desempeñarán un papel decisivo en la conservación de la cada vez más valiosa agua potable.

Demografía de las sociedades

La edad de la población mundial cambia de modo dramático y sus efectos serán evidentes a partir de 2030.

En 2006, cerca de 500 millones de individuos en el mundo tenían 65 años o más. Según un informe del gobierno americano¹⁰, esta cifra debería duplicarse en 2030, alcanzando los mil millones (una persona de cada ocho que vivan en el planeta). Los más altos incrementos de esa población, que tiene 65 años o más, y que corresponden a los países en vías de desarrollo, pronto alcanzarán el 140% dentro de 2030.

Pero aunque esos países en desarrollo son los que verán el mayor porcentaje de aumento, se predice que las naciones europeas serán las más afectadas por las consecuencias económicas del envejecimiento de las poblaciones¹¹.

Sin embargo no debería asumirse que en 2030 a las sociedades europeas les va a costar más hacer vivir a sus envejecidas poblaciones. Tres factores se prevén para evitarlo:

- 1) La gente trabajará más tiempo.
- 2) Seguirán apareciendo olas masivas de emigrantes, gente joven, yendo desde los países menos desarrollados hasta los más desarrollados.
- 3) La aceleración de las innovaciones tecnológicas aumentará rápidamente la riqueza en las sociedades más desarrolladas (aunque una parte de esa nueva riqueza deba usarse en la lucha contra el calentamiento global y, también, para adaptarse al cambio climático).

Con respecto a la prolongación de la vida laboral, la mayoría de los países europeos habrá aumentado la edad oficial de jubilación¹² de un año, como mínimo, o dos, en 2030, y habrá mejorado el estado general de la salud de la pobla-

ción gracias a la medicina preventiva y a la mejor calidad de la asistencia sanitaria, lo que permitirá a los trabajadores trabajar más tiempo (con alegría y diligencia). En efecto: la esperanza de vida habrá aumentado tanto en 2030 que la jubilación a los 60 o a los 65 años parecerá incongruente. Quizás sea el momento para que la gente, simplemente, cambie de actividad profesional.

En cuanto a la migración, las últimas cifras del Departamento de Población de las Naciones Unidas predicen, para los próximos cuarenta años, un aumento global sin precedentes en la historia de la humanidad. Al menos 2,2 millones de personas, procedentes de países pobres, llegarán a los países ricos cada año hasta 2050¹³. Eso representará un total de 55 millones de habitantes nuevos que se instalarán en las naciones desarrolladas a lo largo de los próximos 25 años.

Para Europa, las Naciones Unidas predijeron que Inglaterra, Francia y España serían las receptoras de más emigrantes y que la población suiza alcanzaría los 8 millones¹⁴ en 2030, un aumento del 9%, principalmente como resultado de la inmigración. También las Naciones Unidas anuncian que Alemania, Italia, Polonia y Rusia verán disminuir sus poblaciones por culpa de una reducción de la tasa de natalidad, una inmigración extranjera más baja y un incremento de la emigración de sus habitantes. La población de Bulgaria habrá caído un 35% para 2050, la de Ucrania un 33%, la de Rusia una cuarta parte y la de Polonia una quinta parte. A mitad de siglo, habrá un 10% de alemanes menos y un 7% de italianos menos.

Pero el flujo de emigrantes que cruza las fronteras hará aumentar, de modo espectacular, las poblaciones de la ma-

yoría de los otros países desarrollados, aunque la población de Europa crecerá más lentamente que la de Estados Unidos.

En 2005, la población de Europa occidental era superior a la de Estados Unidos en cerca de 100 millones de personas; en 2030 se espera que la diferencia sea de sólo 35 millones¹⁵. Mientras que para la población norteamericana se prevé un crecimiento de 65 millones durante este período (lo que sugiere el fuerte índice de incremento del 0,8% por año), se cree que la de Europa occidental se mantendrá en un nivel casi igual (creciendo menos de un 1% , solamente, durante esa cuarta parte del siglo).

No cabe duda de que desde 2030, la mayoría de las naciones desarrolladas con poblaciones envejecidas (incluidos los Estados Unidos) habrá abierto, desde mucho tiempo antes, sus fronteras, de par en par, para acoger, con fervor, a jóvenes y ambiciosos inmigrantes. Lo que no les hará correr el peligro de incurrir en fracasos económicos.

La única excepción puede estar, tal vez, en el Japón, una nación cuya población envejece rápidamente pero que cultiva, amorosamente y desde hace mucho tiempo, su aislamiento cultural. Más que abrir sus fronteras a la inmigración, Japón invierte fuertemente en el desarrollo de robots para que cuiden de sus mayores¹⁶ y proporcionen nueva riqueza a la sociedad. No me cabe la menor duda de que en 2030, los robots conseguirán una salud global masiva para el país y podrán atender a los más ancianos. Pero falta por ver qué clase de futuro espera a una nación, compuesta, mayoritariamente, por personas mayores, atendidas por una población de robots.

2. Cambio climático

Hasta hace poco, el interés público por el cambio climático estuvo tan en boga en Europa, y en otras partes del mundo, que ahora corre el peligro del menosprecio que suele traer al abuso sobre el uso. Sería un grave error. Propongo que rebauticemos ese padecimiento atmosférico como “Enfermedad del clima” o “Catástrofe del clima” para subrayar la seriedad del problema.

Los cambios que afectan nuestro clima son palpables y cada vez más fáciles de medir por los científicos. La evidencia¹⁷ de que tan repentino cambio es antropogénico (provocado por el hombre) resulta aplastante, aunque unos pocos empedernidos escépticos¹⁸ persistan en proclamar que puede ser un fenómeno natural. Sin embargo, la discusión sobre si hay responsabilidad humana, o no, en estos cambios es irrelevante. Está claro que hay una brusca variación en las condiciones meteorológicas habituales del planeta y que supone un peligro para nuestras sociedades.

Si se agravan las tormentas, si el nivel de los mares sube, si las inundaciones aumentan, si las sequías se prolongan y si las olas de calor se incrementan, millones de seres humanos tendrán que desplazarse y la sociedad empezará a descomponerse. Habrá refugiados en todas nuestras puertas. Nosotros mismos podemos llegar a convertirnos, tal vez, en refugiados.

Sabemos muy bien que los gases de efecto invernadero acumulan el calor en nuestra atmósfera –principalmente el

dióxido de carbono, el metano y el óxido de nitrógeno—y, dejando aparte la discusión sobre el origen del cambio climático, es nuestro deber reducir de modo drástico esos gases emitidos deliberadamente que llevan a la retención de calor. Los plásticos desempeñan un papel importante en la lucha contra el cambio climático tanto reduciendo el peso de los componentes de coches y aviones, como el peso de las mismas cargas. Los plásticos contribuyen también, cada vez más, al aislamiento y a la eficiencia energética en la construcción de edificios, y en la producción y distribución de energía (ver la siguiente sección, “El futuro de la energía”).

Hay tantas variables en la ciencia del cambio climático y la respuesta humana al problema depende tanto de las voluntades de las sociedades y de las políticas, que es imposible para cualquier futurólogo predecir cómo el cambio actuará en 2030. Sin embargo, sí es posible predecir que el cambio climático será uno de los problemas más apremiantes que afrontará la humanidad (cualquiera que sea la eficacia de la política global para ello durante los 25 próximos años), porque ya hay un fenómeno temporal de retraso en la reacción de nuestra atmósfera al calentamiento.

En su divulgado libro, de 2006, *The Weather Makers*, el medioambientalista Tim Flannery (“Australiano del año” en 2007)¹⁹ escribe:

Mientras nuestro planeta se calienta, la superficie de los océanos necesita cerca de tres décadas para absorber el calor de la atmósfera y harán falta mil años, o más, para que ese calor alcance las profundidades.

Eso significa que nuestros océanos están reaccionando ahora a los gases que enviamos a nuestra atmósfera en los años 70²⁰.

Eso significa que los gases de efecto invernadero que bombeamos ahora, en este primer decenio del siglo XXI, se convertirán en calor interno de los océanos en el año 2030; un agua caliente que será el combustible para los futuros huracanes y tornados. Y la cantidad de calor será importante: desde la revolución industrial de 1751, cerca de 305 mil millones de toneladas de carbono han pasado a la atmósfera por consumo de combustibles fósiles y producción de cemento. La mitad de esas emisiones de CO₂ corresponde a mediados de los años 70²¹.

Como resultado del calor que han acumulado en los océanos nuestras emisiones de gas por efecto invernadero, de aquí a 25 años los ciclones de potencia semejante, o superior, al Katrina, que asoló Nueva Orleans en 2005, serán los fenómenos más frecuentes²², aunque a lo largo de la próxima cuarta parte del siglo los esfuerzos globales para reducir las emisiones de carbono hayan llegado a ser auténticas heroicidades. En 2030 el clima será extremo.

3. La amenazadora crisis energética

Si reflexionamos sobre ello, resulta evidente. Estamos en un punto en que nos faltan combustibles fósiles. Mientras escribo estas palabras, se anuncian ya nuevas tecnologías que incluso podrán mejorar las capacidades de extracción

de esos combustibles fósiles, ignorando que dejarán de ser energéticamente competitivos. Pero todos esos anuncios son erróneos. Está claro que, y no sólo por culpa de los problemas del cambio climático, tenemos que encontrar métodos nuevos y no contaminantes para dotar a nuestras sociedades de las fuentes vitales de energía que necesitan. Y eso, en pleno estallido de la población mundial y con la demanda energética yendo hacia las nubes.

Sin embargo, las fuentes de energía limpias están a nuestro alrededor: en el sol, en el viento, en las olas y en las rocas. Pero somos unos ávidos, vagos y avariciosos seres humanos, que no hemos tenido que ocuparnos del problema... hasta ahora.

Imponer restricciones obligatorias a nuestro consumo de energía no es la respuesta a la crisis energética que se perfila (aunque la conservación y la eficiencia tienen que mejorar mucho). La evolución humana nos obliga a buscar un crecimiento continuo, personal o colectivo, y cualquier esfuerzo legislativo concertado para restringir el crecimiento o la actividad económica traería consigo trastornos sociales y consecuencias macro-económicas preocupantes.

El remedio a la crisis energética es complejo puesto que el problema en sí lo es. Los humanos hemos consumido energía desde que encendimos la primera hoguera, y ahora, que vamos a llegar a ser 12 mil millones, sobre la Tierra, a mitad de siglo, buscando cada uno una mejor calidad de vida, habrá indudablemente una angustiada necesidad de consumir más y más energía.

Hace poco, de pie, bajo el sol radiante de un caluroso día de verano, en Sydney, pensaba yo en el hecho de que los australianos suelten a la atmósfera más dióxido de carbono por habitante²³ que ninguna otra nación (incluso los americanos). La razón es fácil de comprender: Australia tiene amplias reservas de carbón, fácilmente explotables, y este sucio combustible produce el 85% de la electricidad nacional²⁴. Con la complicidad, vergonzosa, de los Estados Unidos, Australia eligió aislarse al negar la ratificación del Protocolo de Kioto en 1997. John Howard, el Primer Ministro australiano ha sido forzado hace poco a reconsiderar su política medioambiental frente al cambio climático²⁵ (como su reticente amigo George W. Bush)^e.

Durante la hora que pasé en el espléndido Jardín Botánico de Sydney, la fuerza de la energía solar que recibí fue tan importante que mi piel se quemó. Sin embargo no vi ni un solo panel solar en la ciudad. Y, bajo mis pies, sabía que había suficiente energía geotérmica accesible como para cubrir toda la demanda de producción energética de Australia²⁶, en lo que queda del siglo XXI.

La solución a la crisis energética (y a los siempre más graves efectos del cambio climático) se halla literalmente a nuestro alrededor, en el viento, en las olas, en las rocas calientes y en el calor del sol. Será difícil y costoso dominar las fuentes naturales de energía (aunque los plásticos tienen un gran papel a desempeñar) y será económicamente doloroso

^e El 8 de mayo de 2007, el Ministro de Hacienda de John Howard ofreció 8.000 dólares por edificio, para ayudar a la instalación de paneles solares, en un programa para 5 años con un presupuesto de 150 millones de dólares.

reducir nuestras inversiones en extracción de energía de los combustibles fósiles. Pero hay que hacerlo, y rápidamente.

4. *La globalización*

El término “globalización” tiene numerosos significados y evoca muy diferentes emociones. Una acepción extrema la define como “explotación económica global de los pobres por los ricos”, mientras que otra la describe como “movimiento global para reducir la pobreza y promover la paz”. En 2007 ambas formas extremas de globalización coexisten, activamente, con otras más moderadas, y la tendencia masiva a la internacionalización del comercio será uno de los principales factores decisivos en los cambios a experimentar de aquí a 2030.

En esencia, la globalización significa un comercio internacional totalmente carente de obstáculos, aunque el mundo todavía tiene que recorrer mucho camino antes de que desaparezca cualquier forma de barrera comercial. En principio, el comercio –y particularmente el internacional– permite que todas las partes implicadas incrementen su riqueza. Aumentar la riqueza global es un noble propósito y pocas cosas pueden garantizar más la paz que el aumento de la prosperidad. Los beneficios financieros de la globalización aparecen explicados en una teoría económica titulada “ventaja comparativa”.

Las naciones europeas fueron pioneras de una forma de globalización colonial en los siglos XVIII y XIX, al expandir

sus imperios y comercializar sus bienes por todo el mundo, pero desde entonces el libre intercambio ha encontrado muchos baches por culpa del incremento del nacionalismo, del proteccionismo, de las guerras mundiales (con parada completa de la globalización entre las dos grandes guerras) y de los más de cincuenta años de polarización ideológica global entre el capitalismo y el comunismo.

Tras el derrumbamiento de la Unión Soviética y el final de la Guerra Fría, el escenario estaba listo para acoger de nuevo la vuelta del comercio a una escala verdaderamente global. Sin embargo, esta vez, el comercio entre zonas lejanas fue favorecido por la llegada del Internet, las tecnologías de comunicación *low-cost* y (sin olvidar las inquietudes legítimas acerca del impacto ambiental de la aviación) el transporte aéreo a bajo precio.

El ejemplo más dramático, y el más evidente, del impacto de la globalización se produjo después de que la entrada de China en la Organización Mundial del Comercio, en 2001, alterara sensiblemente las tarifas del comercio internacional. El resultado tangible fue que decenas de millones de chinos salieron de la pobreza²⁷, y que en 2004 China adelantó el Japón al convertirse en el tercer exportador mundial, detrás los Estados Unidos y Alemania.

La entrada de China en la OMC produjo un efecto de unión más consistente entre los *networks* pan-asiáticos altamente sofisticados ya existentes, confluencia que el Internet facilitó enormemente. Todo el mundo, en aquella región, se aprovechó de ello²⁸, incluso el opulento Japón que, entre 2002 y 2003, logró salir de quince años de depresión gracias

a la demanda china de componentes de gama alta y medios de producción. El sureste de Asia acusó el estímulo: rico en recursos –caucho, petróleo bruto, aceite de palma y gas natural– parece que aprovechará aún por mucho tiempo el apetito de los chinos por las primeras materias y la energía. Hoy día, la economía china crece anualmente por lo menos un 7%, en una tendencia que debería seguir durante los quince próximos años²⁹. Se cree que, en 2030, la economía china podría ser la mayor o la segunda³⁰ del mundo.

Aunque parece que muchos consideran hoy la ‘globalización’ como la violación de las culturas étnicas pobres por los países ricos del mundo desarrollado. Basta comprobar las multitudinarias manifestaciones anti-globalización³¹ que se forman en la mayoría de las reuniones de la cumbre del G8.

Para los espíritus críticos, la globalización es como una “McDonaldización” y una “Disneyficación” de las naciones que, domesticadas, aceptan la invasión cultural y económica importando masivamente películas y programas televisivos americanos. Pero el famoso futurólogo americano John Naisbitt³² (autor del *best-seller* publicado en 1982, *Megatrends*) niega la idea de que la globalización sea una forma de colonialismo cultural americano. En su obra, *Mind Set! Reset Your Thinking And See The Future*, de 2006, deja constancia de que:

La cuestión es: ‘¿globalización significa americanización?’ Mi respuesta es breve: no. En los parámetros de medida de la globalización podemos incluir las comunicaciones telefónicas, los flujos financieros, las cifras de intercambio comercial y otras muchas cosas,

pero la propagación de las ideas y de las culturas no es tan fácil de cuantificar. Contemplando el presente, una de las paradojas es que, culturalmente, América está cambiando mucho más dramáticamente que lo que ella misma cambia el mundo. La inmigración reestructura América más profundamente que lo que ella misma influye en el mundo. En Estados Unidos hay más restaurantes chinos que McDonald's.

Sin embargo, otro famoso futurólogo americano, Jeremy Rifkin³³ –autor de los *best-sellers: The End of Work, The Biotech Century* y *The Age of Access*– considera los dos puntos de vista de la controversia. En su libro, de 2002, *L'Economie Hydrogène*, escribe:

La globalización define la dinámica de nuestra época. Sus defensores la consideran como el mayor avance económico para la humanidad y el camino para mejorar la vida de todos. Sus detractores la ven como el ejemplo último de la dictadura que las grandes corporaciones ejercen en la sociedad y como el modo de aumentar el abismo entre los que lo tienen todo y los que no tienen nada. Las sociedades multinacionales, ayudadas por las naciones del G7, practican *lobbying* para modificar las regulaciones y los estatutos gubernamentales que, según argumentan, restringen la libertad del comercio. Los anti-globalización están tomando las calles para protestar por lo que consideran un saqueo sistemático del medio ambiente y de las condiciones necesarias para proteger la Tierra y la comunidad humana y los animales contra la rapacidad corporativa.

Se ve también la globalización como una excusa por parte de las multinacionales para utilizar mano de obra barata en los países en vías de desarrollo, con el fin de vender productos cada vez más baratos (que sin embargo siguen produciendo ganancias) a los consumidores codiciosos de los países ricos occidentales.

Pero, por otra parte, el *offshoring*, el *outsourcing*, la libertad de flujos de capitales y la libertad de comercio internacional (una forma menos provocativa de describir el proceso) disponen del potencial adecuado, si se llevan a cabo de forma honorable y sostenible, para reducir la pobreza en las naciones pobres y proporcionar beneficios a los consumidores del mundo rico.

El Banco Mundial sostiene que, a lo largo de los próximos 25 años, la globalización podría promover un incremento de las rentas medias más rápido que durante el período 1980-2005, con los países en vía de desarrollo desempeñando un papel destacado³⁴. No obstante, indica que hay que cuidar que el crecimiento se gestione con cautela, porque si no se vería acompañado de altas desigualdades de rentas y de potenciales severas presiones sobre el medio ambiente.

Impulsadas por la globalización desde 1974, las exportaciones han progresado, en términos de producto mundial bruto, hasta superar el 25%, y, con base en las tendencias existentes, llegarán a alcanzar el 34% en 2030.

¡El producto mundial, en sí mismo, se ha duplicado desde 1980, gracias a la globalización, y desde 1990 cerca de quinientos millones de personas “han salido” de la pobreza!

Según las tendencias actuales, añade el Banco Mundial, el número de gente que vive con menos de un dólar por día, puede dividirse por dos de aquí a 2030, para pasar de mil millones a quinientos millones. Será el resultado del crecimiento del sureste de Asia, cuyo porcentaje de pobres, a nivel mundial, se dividirá por dos (del 60% al 30%), mientras que en África aumentará, hasta pasar del 30% al 55% del nivel mundial. Representa una desigualdad continental que supone un peligro significativo para la estabilidad mundial.

En 2030, o las naciones más ricas del mundo siguen una globalización ética y sostenible –preocupándose por la gente con la que comercia y del medio ambiente en que comercia– o tendrán que construir barricadas para rechazar a todos aquellos a los que han desposeído.

Como subraya James Canton en *The Extreme Future*:

En el sentido más crudo, la globalización puede ser una revolución con dos salidas: o hacer avanzar la democracia global, el libre comercio y la apertura de los mercados, o transformar las naciones pobres en víctimas... Es, tal vez, el desafío más grande con el que se enfrenta nuestra civilización actual. La gente que ya no tiene esperanza en el futuro es la más peligrosa del mundo. Haría cualquier cosa para conseguir ese futuro o para destruir a quienes considera que se lo están robando.

Pero aun cuando la globalización empiece a sacar de una pobreza abyecta a unos 5 mil millones de seres humanos, quedan todavía mil millones arrinconados en, más o menos,

85 naciones, sufriendo un crecimiento mínimo, o nulo, o un retroceso económico.

Los individuos en estos “bajos estados” no tienen acceso a los mercados globales (y aunque accedieran a ellos, no tendrían muchas cosas que vender, excepto sus recursos naturales).

La mayoría de esos países –no todos– está en el África sub-Sahariana y, de modo típico, sus sociedades han alcanzado un estado de desarrollo que equivale al de las sociedades europeas entre los siglos VIII y XIV. Estas sociedades son tan pobres que las gentes viven luchando entre sí por la poca riqueza que tienen (como ocurría en las sociedades europeas citadas). Estas sociedades padecen plagas y hambre, sufren de analfabetismo, utilizan sólo cuidados rudimentarios, y no atraen a los inversores extranjeros por su crónica inestabilidad. En efecto, la escasa renta interior existente, o generada, se exporta en seguida a cuentas bancarias extranjeras en los países ricos por temor a la citada inestabilidad política.

Muchas ayudas occidentales (financieras y en especie) –no menos de 2,3 miles de billones de dólares según William Easterly³⁵, profesor de economía de la Universidad de Nueva-York– han sido otorgadas a los países que cuentan con mil millones de habitantes, pero eso no ha cambiado mucho la vida de la gente normal que se integra en los mil millones de desheredados.

La razón por la que nuestra ayuda resultó tan poco eficaz radica en la importancia del problema: muchas de las sociedades a las que dimos nuestro dinero eran tan pobres

que la ayuda fue acaparada y tragada por quienes tenían algo de poder: presidentes, dictadores, ministros, directores de bancos, oficiales de aduanas, diplomáticos, constructores e incluso transportistas. Quizás muchos de esos estafadores tenían grandes familias en la pobreza, y situar el bien de la sociedad por encima de su situación personal requería conciencias a nivel de santidad.

El Profesor Paul Collier³⁶, economista, Director de Estudios de las Economías Africanas en la Universidad de Oxford, escribe en su libro, *The Bottom Billion*, publicado en 2007:

Todas las sociedades han sido pobres. La mayoría está saliendo de ello. Entonces, ¿por qué las otras se estancan? La respuesta se encuentra en las trampas. La pobreza no es, intrínsecamente, una trampa, porque, en ese caso, seríamos aún todos pobres. Piénsese un instante en el desarrollo imaginando que hay escaleras y laderas. En el moderno mundo de la globalización hay escaleras fabulosas que la mayoría de las comunidades utiliza. Pero también existen laderas escarpadas y algunas comunidades han caído en ellas. Los países al pie de la escalera constituyen una desafortunada minoría, y ahí están.

En este estudio sobre lo que el mundo podría ser en 2030, ¿por qué debería importarnos, a los desarrollados, que mil millones de seres (y, potencialmente, muchos más en 2030) vivieran en la pobreza más abyecta? Hay dos razones: la primera, el enorme costo económico que para el mundo desarrollado suponen los países arruinados y en guerra y, la se-

gunda, la casi absoluta certeza de que tales países intentarán, progresivamente, obtener compensación a su pobreza por medio del terrorismo internacional.

La globalización tiene que extenderse ahora para incluir a los mil millones de personas que se encuentran en la parte baja de la escalera, o su venganza contra el mundo rico será el séptimo factor de importancia que condicione nuestro futuro, para lo peor.

5. Aceleración del desarrollo tecnológico

Habrà, durante los próximos 25 años, más evolución tecnológica que a lo largo de todo el siglo pasado, el que produjo los aviones, los coches, los polímeros, la energía nuclear, la televisión, la computadora, el Internet y el móvil.

La razón por la cual preveo tales trastornos extremos es la velocidad a la que el desarrollo tecnológico está acelerando. La clave para entenderlo está en dos factores: a) el desarrollo tecnológico en sí, como extensión de la evolución humana, y b) la velocidad del desarrollo tecnológico, como resultado directo de la rapidez y de la riqueza de los flujos de información que recorren el mundo.

Ray Kurzweil³⁷, famoso futurólogo e inventor americano, apunta que desde el tiempo en que los hombres empezaron a ensanchar sus poderes biológicos al inventar la tecnología, la misma innovación tecnológica empezó a acelerar exponencialmente. Y escribe:

Un análisis de la historia de la tecnología muestra que la evolución es exponencial, contrariamente a lo que indica el sentido común, que tiene “intuición lineal”. Así pues, en el siglo XXI, no viviremos 100 años de progreso, sino 20.000 (al ritmo actual). Los resultados técnicos, como la velocidad de los procesadores o la competitividad de los precios aumentan de modo exponencial. También tendrá incremento exponencial el ritmo de crecimiento exponencial. Dentro de algunas decenas de años, la inteligencia artificial superará a la inteligencia humana, lo que llevará a “la Singularidad”, una evolución tecnológica tan rápida y profunda que representará una ruptura en el tejido de la historia de la humanidad³⁸.

La referencia de Ray Kurzweil a “la Singularidad”³⁹ en el párrafo anterior, me incita a explicar por qué decidí enfocar este estudio en un cuarto de siglo y no en cincuenta años, o un periodo más largo.

Como Ray Kurzweil, yo estoy convencido (desde hace decenas de años) de que nos acercamos rápidamente al momento en que la inteligencia artificial será equivalente a la inteligencia humana. La mayoría de los futurólogos calcula que este fenómeno perturbador debería ocurrir entre 2025 y 2030, y enseguida, tras alcanzar ese hito, la vida humana y la de la sociedad empezarán a cambiar de un modo imposible de imaginar utilizando sólo nuestro humano pensamiento.

Uno o dos años más tarde de que las máquinas alcancen el nivel de la inteligencia humana, el desarrollo exponencial de la tecnología se traducirá en que esas máquinas dispon-

gan de potencial para ser dos veces más “inteligentes” que los humanos. Luego, un año o poco más, después, cuadruplicarán la diferencia. Y, con el tiempo, sus capacidades superarán rápidamente cualquier forma humana de medida y de entendimiento.

Como explicaré más adelante, en el capítulo “Aceleración exponencial del desarrollo tecnológico”, esta perspectiva no es tan alarmante como podríamos imaginar, pero es la principal razón por la cual la futurología actual no puede proyectarse más allá del primer cuarto del siglo XXI. Más allá de estas fechas, el porvenir se volverá extraño, irreconocible e indescriptible para el público actual.

Veo el fenómeno de la aceleración del desarrollo tecnológico como un “comodín en un juego de baraja” cuando se trata de considerar las tendencias del futuro. Durante la próxima cuarta parte del siglo, es posible que se desarrollen tecnologías “comodín”, todavía inimaginables, para responder a la demanda mundial de energía limpia y, tal vez, para permitir cierto control del clima. Lo cual podría ser también un remedio para la falta de agua potable. Volveré sobre estas especulaciones en las secciones correspondientes.

6. La revolución “Prevención-Extensión” en medicina (Cuidados previos y longevidad)

Mientras las máquinas se acercan al momento en que, tal vez, usurpen la acción de nuestra especie sobre este planeta, nosotros, los humanos, no nos quedaremos inactivos. En

realidad, estaremos modificando los fundamentos de nuestra humanidad, y eso, de manera drástica.

Dado que los humanos carecen, a menudo, de términos para describir el futuro tecnológico, yo he inventado una expresión gráfica –“prevención-extensión”– para describir la nueva forma de medicina que surgirá durante los próximos 25 años. Más que intentar encontrar cura para las enfermedades y los dolores existentes, la revolución médica que viene producirá una nueva disciplina en los países ricos, enfocada a la medicina personalizada para prevenir la enfermedad y aumentar firmemente la longevidad humana.

El genoma humano fue codificado⁴⁰ en 2001 y dotó a las sociedades farmacéuticas, a los investigadores y a los universitarios, de un mapa de lo que los informáticos llamarían “el código-fuente humano”. Dicho de otra forma, se puede secuenciar cada gen de los que componen el cuerpo humano. El problema es que ahora empezamos a identificar sólo para qué sirven los genes en la biología humana y cómo unas combinaciones de genes aparentemente diferentes actúan al unísono para producir un resultado específico.

Aunque es una tarea ingente, se han logrado progresos considerables en la identificación de los genes. Biólogos de Harvard identificaron, recientemente, el gen responsable del bronceado⁴¹, cuando la piel se expone a los rayos ultravioleta. Llamado *p53*, y denominado, a menudo, como “el guardián del genoma” resulta ser un eliminador del famoso tumor.

Estos conocimientos pueden tener aplicaciones tanto triviales como benéficas. Una crema solar puede tal vez un

día activar el gen *p53* para broncear de forma natural sin que el individuo reciba los efectos maléficos de los rayos ultravioleta del sol. Una aplicación más seria podría ser estimular los genes *p53*, con el fin de combatir el cáncer de piel.

Como decía *New Scientist* en julio de 2007:

No es el elixir de la vida, pero los investigadores pueden haber identificado un sistema para conservarnos jóvenes más tiempo. Entre los ratones, por lo menos, el estímulo de la producción de dos proteínas, *p53* y *Arf*, les permitió sobrevivir a la vejez presentando menos síntomas de ella.

Desde su descubrimiento en 1979, el gen *p53* ha sido un factor determinante en la investigación contra el cáncer. Cuando se estimula, anima a las células cancerosas –a suspender su crecimiento– un proceso llamado apoptosis⁴².

Las noticias relativas a la identificación de los genes parecen aumentar cada día más. Se han identificado genes clave para combatir el HIV-sida⁴³, que provocan una seria forma de esquizofrenia catatónica⁴⁴. Investigadores y científicos de la Universidad de Cincinnati localizaron una pequeña familia de genes que puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer del pulmón⁴⁵ –uno de los mayores causantes de mortalidad en el mundo– e investigadores de Montreal descubrieron hace poco un gen que parece inhibir la capacidad de memoria⁴⁶ (lo que, quizá, lleve un día al tratamiento de la enfermedad de Alzheimer).

Otras identificaciones de genes vinculados incluyen a: responsables de enfermedades neuronales, diabetes de tipo 2, uno que puede inhibir el cáncer de mama, otro que provoca el cáncer del estómago, uno más que induce a la sordera, y otros muchos. Empezamos a entrever la base estructural de la biología humana.

Durante los próximos años, el “mapa-maestro” del genoma humano se completará y, con el rápido incremento de la potencia informática, será posible secuenciar el mapa del genoma de cada paciente (al menos de los pacientes que tengan la suerte de vivir en países desarrollados).

En *Extreme Future*, James Canton describe la revolución médica por venir de la siguiente manera:

Las especulaciones sobre las enfermedades y los tratamientos dejarán paso a una medicina que, siendo más precisa y más predictiva, mejorará la salud: la Medicina de la Longevidad. Una medicina que tendrá, intrínsecamente, la capacidad de asomarse al mapa genómico de cada individuo desde su nacimiento hasta su muerte. Los médicos dispondrán de una herramienta de diagnóstico sin parangón antes: el ADN individual. La etapa siguiente cubrirá la prevención tecnológica, la promoción del buen estado de salud y el aumento del tiempo de vida.

Además de un acercamiento tan poderoso al diagnóstico, la terapia génica utilizará el poder de identificación de genes⁴⁷ para producir nuevas medicinas y tratamientos mucho más eficaces que las terapias actuales.

La investigación sobre las células madre es otro desarrollo apasionante que promete revolucionar la medicina. Una célula madre es un embrión humano básico que tiene la capacidad de transformarse en casi cualquier tipo de célula. Cierta número de terapias basadas en células madre existe ya, particularmente el injerto de médula espinal, que se usa para tratar enfermedades como la leucemia. Los investigadores médicos anticipan que en el futuro serán capaces de usar las tecnologías obtenidas de investigaciones en células madre para tratar una mayor variedad de enfermedades, incluidas ciertas formas de cáncer, la enfermedad de Parkinson, las lesiones de la columna vertebral y los daños musculares, entre otros tipos de padecimientos y estados patológicos.

En el futuro inmediato, la medicina de las células madre promete hasta poder hacer crecer tejidos y material óseo para el uso humano, con base en el ADN del propio paciente. Hay razones para pensar que las células madre permitirán, quizá, arreglar y regenerar órganos dañados⁴⁸ y, eventualmente, generar “órganos de sustitución” que no corran el riesgo de ser rechazados por nuestros sistemas inmunitarios. Se han producido ya, e injertado en seres humanos, vejigas de sustitución⁴⁹ con ayuda de técnicas de células madre. Recientemente, se creó un tejido cardíaco a partir de células madre⁵⁰, lo que hace pensar que, de aquí a 5 años, podrían sustituirse corazones completos. Y hace muy poco unos científicos lograron, a partir de células madre, producir células de páncreas⁵¹ que producen insulina, lo que abre la esperanza a la curación de la diabetes, con el desarrollo de un nuevo páncreas. En 2030, tales regeneraciones de órganos serán rutinarias y casi todos los demás órganos se cultivarán

también a partir de células madre. Dispondremos, entonces de nuestras propias “piezas de repuesto”.

A partir de estas explicaciones sobre el mapa individual del ADN, la medicina genética y la investigación sobre las células madre, los lectores pueden empezar a entender por qué he utilizado la contracción/combinación de los cuidados previos y la longevidad para producir la expresión “prevención-extensión”.

En 2006, James Canton escribía la observación siguiente:

A lo largo de las décadas futuras, la medicina vivirá una revolución. La convergencia de las industrias farmacéuticas, biotecnológicas y nanotecnológicas formará el mayor mercado global bajo el lema: venta de longevidad.

El *Botox* actual llevará a la sustitución génica terapéutica del mañana. Los *liftings* abrirán la puerta a células madre producidas por nanotecnología para ofrecer piel de bebé sin arrugas. Incluso la memoria puede llegar a ser vendida, para una súper agilidad mental y una inteligencia incrementada, para dar la medida.

Entonces, si dejamos a un lado sus consideraciones en cuanto a la bonanza comercial que representaría la nueva revolución médica, (una perspectiva fácil de entender si se considera el acercamiento ultra-capitalista de los EEUU a la medicina), yo comparto las conclusiones del doctor Canton. Pero añado que los plásticos han de desempeñar un

importante papel en la previsión de la salud en los próximos 25 años. Me parece que, durante el período que cubre este estudio, los que, de entre nosotros, vivamos en el mundo rico, disfrutaremos de mejor salud y viviremos mucho más tiempo que lo que preveíamos.

Incluso es posible que un niño nacido en 2030 pueda tener la opción de prolongar su vida, sana y joven, casi indefinidamente.



Capítulo I

Aceleración exponencial del desarrollo tecnológico



Asesor-Consultor:

Profesora Allison Druin⁵³

Director, Human-Computer Interaction Laboratory
Universidad of Maryland, USA



La invención, y luego la aplicación de tecnologías cada vez más sofisticadas, han generado una gran parte de la riqueza de los países desarrollados. Por eso trato primero este tema, ya que el desarrollo tecnológico tendrá un impacto significativo en los demás temas abordados en este informe.

En un artículo titulado “*Technological Revolutions: Ethics and Policy In The Dark*”, el Dr. Nick Bostrom, Director del Instituto del Futuro de la Humanidad y de la Facultad de Filosofía de la Universidad de Oxford, aclara el papel desempeñado por la tecnología en la sociedad moderna:

La evolución tecnológica es, fundamentalmente, responsable del cambio de los parámetros de base de la condición humana, tales como: la dimensión de la población mundial, la esperanza de vida, los niveles de educación, los estándares materiales de vida, el tipo de trabajo, la comunicación, el cuidado de la salud, la guerra y los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente natural. Otros aspectos de la sociedad y de nuestras vidas individuales también están influenciados por la tecnología, de muchas maneras, directas o indirectas, como formas de gobierno, espectáculos, relaciones humanas, y nuestros puntos de vista sobre la ética, la cosmología y la naturaleza humana. No es necesario entrar en formas

de determinismo tecnológico agudo ni ser un materialista histórico para reconocer que la capacidad tecnológica –a través de sus complejas interacciones con los individuos, las instituciones, las culturas y el medio ambiente– es un determinante clave de las reglas básicas según las cuales nos jugamos la civilización humana en cada momento⁵⁴.

En la sección precedente (“El telón de fondo del mundo en 2030”), apunté la observación del futurólogo americano Ray Kurzweil en cuanto al “ritmo exponencial del desarrollo tecnológico” y el hecho de que ese ritmo acelera de modo exponencial. Otros futurólogos comparten esta opinión y algunos llegan hasta sugerir que la aceleración del cambio tecnológico produce otra aceleración: la del cambio dentro de la propia sociedad.

Rolf Jensen⁵⁵, del *Copenhagen Institute for Future Studies*⁵⁶, lo describía en su libro, publicado en 1999, *The Dream Society*:

El paso del desarrollo desde un tipo de sociedad hasta otro se acelera. La sociedad agrícola nació hace 10.000 años, la sociedad industrial surgió hace entre 100 y 200 años, y luego la sociedad de la información vio la luz hace unos 20 años. ¿Quién sabe cuántos años durarán aún la lógica y la economía de la Sociedad de la Información?

Y Alvin Toffler, el futurólogo americano conocido mundialmente (que inspiró mi vocación), lo declaraba de modo todavía más crudo en su *best-seller*, aparecido en 1970, titulado *Future Shock*:

Una ardiente borrasca de cambios asoló la sociedad occidental durante los últimos 300 años. Esta borrasca, lejos de abatirse, parece estar tomando más vigor ahora.

Comparto esos puntos de vista sobre el incremento constante de la velocidad del desarrollo, sea tecnológico o social, y por eso junté los términos aparentemente tautológicos “aceleración” y “exponencial” en el título de este capítulo.

Si el término exponencial es un concepto fácil de entender en teoría (una multiplicación en el tiempo –que suele ser durante un período fijo y que vuelve a intervalos regulares), resulta, en cambio, difícil, apreciar la potencia de los efectos exponenciales. Cuando un pequeño número se multiplica, el cambio pasa desapercibido; cuando el que se multiplica es grande, el efecto es contundente. Vamos a entrar en un período durante el cual los efectos del desarrollo tecnológico exponencial van a ser, asimismo, realmente notables.

Ray Kurzweil pretende también (lo que puede sorprender a primera vista), que tal desarrollo exponencial es un resultado natural de la evolución humana. En su libro publicado en 2005, *The Singularity Is Near* (traducido al francés bajo el título: *Humanité 2.0: La bible du changement*)*, escribe:

El futuro es ampliamente malentendido. Nuestros antepasados pensaban que se parecía a la imagen de su presente, que a su vez se parecía bastante a su pasado. Las tendencias exponenciales existían ya hace mil años, pero en aquella época eran muy juveniles, tan

* NdT : “Humanidad 2.0 : la biblia del cambio”

lineales y tan lentas que aún no parecían tendencias. Resulta que a los observadores les bastaba, para sus proyecciones, con un futuro igual. Hoy, anticipamos un cambio tecnológico continuo y las repercusiones sociales que implica. Pero el futuro sorprenderá más de lo que la mayoría de la gente imagina, porque muy pocos observadores han asumido las implicaciones del hecho de que el propio ritmo del cambio va acelerándose. La mayoría de las previsiones a largo plazo en relación con lo que se puede realizar técnicamente en el futuro menosprecia dramáticamente la potencia de los desarrollos por venir porque está establecida a partir de lo que llamo la visión “lineal intuitiva” de la historia más bien que de la visión “histórico exponencial”.

Kurzweil es un hombre cuyas visiones tendríamos que considerar con seriedad. No sólo es un futurólogo famoso⁵⁷ y un autor con éxito, sino también un inventor y un ingeniero, que fue galardonado con no menos de doce doctorados honorarios, así como con el premio Lemelson-MIT y con la *US National Medal of Technology*. Fue el principal diseñador de la primera interfaz de reconocimiento óptico multi-caracteres, de la primera impresora con reconocimiento vocal para los ciegos, del primer escáner CCD con tablero y del primer sintetizador con reconocimiento vocal.

Su sugerencia en cuanto al desarrollo exponencial de la tecnología como rasgo natural de la evolución sólo ha conocido (hasta hace poco) un éxito limitado, porque en su fase inicial esa aceleración parecía pequeña. Ahora ha renacido como fruto del estudio de la historia del progreso tecnológico.

La revolución agrícola empezó hace unos 12.000 años, pero hubo que esperar todavía 6.000 años para que los humanos inventaran las tres tecnologías virtuales que plasmaron nuestro mundo moderno: la escritura a partir del alfabeto, las matemáticas y la invención del dinero. (Cuando describo estas tecnologías como ‘virtuales’, utilizo la palabra en su acepción original, no en el sentido figurado de “realidad virtual” como en informática. En inglés la palabra virtual procede del latín “*virtualis*”: algo que tiene una esencia o produce un efecto sin tener necesariamente una existencia física).

El desarrollo de las tecnologías físicas aún fue más lento al principio de la historia de la humanidad. Se precisaron 4.000 años (alrededor de 3.000 antes de J.C.) para que la humanidad aprendiera a producir el hierro, más o menos el mismo tiempo en que aprendió a usar la fuerza del viento para navegar.

El período (relativamente) estable de las civilizaciones griega y romana trajo muchas nuevas tecnologías militares y civiles, pero justo después del colapso de Roma llegaron los siglos oscuros del Medioevo: cerca de 800 años de guerras, de plagas y de llagas generaron un estancamiento que impedía la invención de nuevas tecnologías notables (al menos en Europa).

El arranque del desarrollo tecnológico exponencial que llevó al ritmo actual de innovaciones en apariencia frenético, empezó en el siglo XV con la invención de la impresora con caracteres móviles. Permitted que se conservaran los conocimientos adquiridos por cada generación, que se reprodujeran a bajo costo y que se distribuyeran en beneficio de

las generaciones siguientes, lo que acabó por engendrar el Renacimiento.

Ahora, mientras la gente joven empieza a encaramarse a los hombros gigantes del saber de sus mayores, el desarrollo tecnológico ha empezado a acelerar y es posible discernir a posteriori su naturaleza exponencial (la aceleración se debe a flujos de información más rápidos y más consecuentes, la clave para el desarrollo tecnológico acelerado).

En los siglos XVI y XVII, la ciencia de la navegación se desarrolló al mismo tiempo que la medida del tiempo y la tecnología naval necesaria para la construcción de los galeones y de los buques. Se inventaron los telescopios para mirar al cielo (y escudriñar el paraíso) mientras que los anatomistas se dedicaban al cuerpo humano y los filósofos a las leyes físicas que regían el universo.

En el siglo XVIII, los descubrimientos científicos y el desarrollo tecnológico se encadenaron con tal rapidez que se inició aquella revolución industrial que iba a modificar la sociedad occidental para siempre. Los trabajadores dejaron las zonas rurales por las ciudades y empezaron a crear nuestro moderno modo de vivir. Hoy en día, las ciudades dominan nuestras economías, nuestras naciones y nuestro modo de vida. (En su informe titulado *Une image du Futur*⁵⁸, Eckard Foltin, futurólogo presente en *Bayer Materials Science* de Alemania, adelantó la hipótesis de que en 2020 habrá o una tendencia fuerte para el establecimiento de megalópolis aún más inmensas y dominantes, o una élite tecnológica que surgirá y polarizará la división de la sociedad entre los súper ricos y los pobres rurales).

En el siglo XIX, la “invención tecnológica”, en el sentido en que lo entendemos hoy, empezó a plasmar la historia y a promover progreso. El mastrazgo de la electricidad y las invenciones subsiguientes del telégrafo, el teléfono, los ferrocarriles, los automóviles y la radio, instauraron las fundaciones del siglo pasado (la guerra de innovaciones tecnológicas). Los flujos de información y de saber que circulaban por la sociedad aumentaron en rapidez.

Ahora bien, considerando las evoluciones rápidas de la era victoriana, encontramos la primera dificultad que inhibe nuestra capacidad para considerar el futuro de modo significativo: cuando los desarrollos ocurren de forma rápida, y en gran cantidad, necesitamos terminología para describir nuestro futuro tecnológico. Y me parece que si no hay lenguaje no puede haber un pensamiento consecuente.

Por definición la invención de tecnologías nuevas produce acciones y capacidades para las cuales no hemos inventado palabras todavía, y no tenemos los conceptos. Luchamos por describir las capacidades de las tecnologías nuevas triturando términos y conceptos para emparejarlos. Por ejemplo, cuando se inventó el proyector lo llamaron “linterna mágica”, mientras que la locomotora era “un caballo de acero”. El automóvil fue una “carroza sin caballos”, y la radio un “sin hilos”. La nevera era “una heladera” y un avión “una máquina voladora”. Creo que me estoy explicando.

Aunque la sociedad no contó con el lenguaje necesario para describir las nuevas posibilidades, el desarrollo tecnológico continuó durante el siglo XX sobre una trayectoria siempre más rápida y exponencial. Concebimos los automóviles, la

televisión, el ordenador, el transporte aéreo, la exploración del espacio, los plásticos, los polímeros y composites de alto grado, las redes informáticas, el Internet y los móviles, sólo por mencionar algunas innovaciones del siglo XX.

El futurólogo americano John Naisbitt exploró los problemas que tal desarrollo acelerado plantea a la sociedad en una de sus publicaciones, en 2006, *Mind Set! Reset Your Thinking and See The Future*:

Los avances de la tecnología siempre tuvieron el resultado de modificar la sociedad. El descubrimiento del fuego llevó al calor, a una comida mejor y al principio de la verdadera vida en comunidad. La rueda, la electricidad y el automóvil cambiaron decisivamente nuestros esquemas sociales. La diferencia, hoy, radica en el hecho de que el ritmo de la evolución tecnológica ha sido tan acelerado que la adaptación de la sociedad a las nuevas tecnologías nueva se ha retrasado más: la evolución tecnológica adelanta ahora a la evolución cultural y la diferencia se incrementa.

Y la “diferencia” entre la evolución tecnológica y la cultural descrita por John Naisbitt se sitúa en una nomenclatura en la que incluso falta el lenguaje para describir las tecnologías nuevas y los conceptos nuevos de que disponemos. Un buen ejemplo de la pobreza de nuestro lenguaje para describir las innovaciones tecnológicas es el término “telefonía móvil”. Nadie hoy tiene un móvil sencillo. Todos los modelos populares (hechos mayoritariamente de plásticos) memorizan la información en una base de datos, muchos tienen cámara de fotos y/o videos integrados, algunos pueden ofrecer música,

otros incluso incluyen un sistema de guía GPS y un minisistema de proyección video⁵⁹.

La expresión “telefonía móvil” parecerá tan obsoleta sin duda como la de “carroza sin caballo” cuando aparezca un término nuevo capaz de abarcar las utilizaciones múltiples de esta red universal.

Poco importa que dispongamos de palabras para describir las tecnologías nuevas y sus funciones potenciales (sus acciones y las repercusiones sociales, económicas y políticas que tendrán), puesto que nuevas invenciones, conceptos y técnicas surgen de los laboratorios y de los centros de investigación del mundo entero con un ritmo siempre creciente.

Por eso empiezo por la evocación de las diferentes formas de tecnología que podrían nacer de aquí a 2030 (y también porque las implicaciones de este desarrollo tecnológico exponencial son extremas). Como mencioné en la sección “Telón de fondo”, las tecnologías nuevas son el “comodín” del juego que plasmará nuestro futuro. Tienen el mayor potencial para influir de modo drástico sobre los demás “factores mayores de cambio” que identifiqué, excepto, desgraciadamente, en la explosión continua de la natalidad mundial.

Las tecnologías nuevas que deberían surgir de aquí a 2030 podrían incluso tener la posibilidad de ofrecer remedios parciales a problemas como el cambio climático y el amenazador déficit energético. Así, en mayo de 2007, el *San Francisco Chronicle* informaba:

Los científicos observan de muy cerca el *Jet Stream*, una fuente de energía que hierve día y noche, 365 días por año, a sólo algunos kilómetros por encima de nuestras cabezas. Si lograra conectarse con vientos feroces, las necesidades de electricidad mundial se satisfacerían, según dicen.

Docenas de investigadores en California, y por todo el mundo, piensan que un tipo de cometas enormes, que propulsaran generadores gracias a la fuerza de los vientos, podría ser una solución. Por muy sorprendente que parezca, muchos expertos famosos declaran la idea lo bastante digna de interés como para justificar que las investigaciones continúen⁶⁰.

En julio de 2007, el *New Scientist* informaba sobre planes para contrarrestar los efectos del calentamiento global, bloqueando una parte de los rayos del sol para impedir que alcancen el planeta:

Básicamente, la idea sería que se aplicara una “pantalla solar” sobre todo el planeta. Es discutible, pero unos estudios recientes sugieren que existen maneras de desviar una proporción suficiente de los rayos del sol que alcanzan la superficie de la Tierra para equilibrar el calentamiento debido a los gases de efecto invernadero. Modelos climáticos globales muestran que, bloqueando sólo el 1,8 % de la energía de los rayos solares que inciden se cancelaría el efecto de calentamiento provocado por la multiplicación por dos de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Podría resultar crucial puesto que incluso las

medidas de control de las emisiones más rigurosas propuestas actualmente nos dejarían con una duplicación de las emisiones de dióxido de carbono de aquí al final de este siglo, y esto seguiría así, por lo menos, durante un siglo⁶¹ más.

Desempeñen, o no, las nuevas tecnologías, un papel importante, para mitigar los cambios climáticos, parece casi seguro que mejorarán radicalmente la salud y la longevidad humanas y, dejando aparte las catástrofes potenciales pero imprevisibles, tales como epidemias globales, desastres naturales o una guerra nuclear a gran escala, los nuevos desarrollos tecnológicos (emparejados con la globalización) inducirán sin duda un aumento económico firme en el mundo. Para simplificar, las máquinas están generando valor y riqueza para nuestras sociedades y generarán cada vez más riqueza a medida que vayan siendo más inteligentes.

Cualquier autor que trate las ganancias potenciales del progreso tecnológico corre siempre el peligro de ser calificado como arrogante, como “tecno-prolepticista”^{*} y de mostrar una actitud optimista desmesurada en cuanto al futuro. No es mi posición, y mientras muchos analistas estudian las tecnologías per se, yo creo que es importante verlas en su contexto social y humano. La tecnología no constituye una panacea, como veremos en los capítulos siguientes sobre “Cambio climático y medio ambiente” y “Futuro energético”.

Sin embargo, hace decenas de años que me convencí de que la humanidad, creando máquinas inteligentes, ha des-

^{*} Nota del editor: el autor designa así el trámite por el cual se barre cada objeción en seguida por creer en un progreso técnico que resuelve todos los problemas.

encadenado un proceso a través del cual se ha desarrollado un sustituto o una especie de colega para la especie humana. Muchos otros comentaristas llegaron a una conclusión parecida. En el *New Scientist*, el Dr. James Hughes⁶², Director Ejecutivo del *Institute for Ethics and Emerging Technologies*⁶³ en Connecticut, observaba:

Parece posible que la tecnología nos permita, en un futuro relativamente cercano, crear (o volverse) criaturas que superen a los humanos en las dimensiones intelectual y creativa. Los acontecimientos que ocurran tras ese advenimiento –llamado Singularidad Tecnológica– son tan inimaginables para nosotros como la ópera para un platelminto (gusano plano).

La frase precedente, casi por definición, hace incómodo pensar, por lo menos a largo plazo, en ese futuro de la Singularidad⁶⁴.

No obstante, podemos proyectar un camino posible hacia este punto de ruptura en la evolución humana que llamamos “la Singularidad”, aunque ese camino estará lleno de cambios continuos y molestos, por el impacto del ritmo siempre creciente del desarrollo tecnológico en nuestras vidas.

No tenemos otra opción que aceptar los cambios rápidos y excesivos que van a ocurrir en el siglo XXI, y el único antídoto eficaz que yo he podido descubrir para soportar sus dolorosos síntomas es el seguir aprendiendo a lo largo de la vida. Mantenerse informado es vital para moderar las tormentas producidas por el cambio veloz y violento. Como advertía Louis Pasteur: “El cambio prefiere un espíritu listo”.

Rolf Jensen del *Copenhagen Institute for Future Studies* propone una descripción muy clara de ello en *The Dream Society*^{*}:

El pasado se aleja de nosotros con una velocidad aturdidora. El futuro nos llega encima a gran velocidad. Podríamos decir que el futuro se acerca tanto que casi forma parte del presente.

En el origen de casi todo este trastorno se encuentra el ordenador –y en este momento, más especialmente, el microprocesador y sus instalaciones asociadas– que, hasta hace unos pocos años, multiplicaba su potencia y su velocidad cada dos años, y parece desarrollarse ahora aún más rápidamente.

La ley de Moore

El ordenador resulta ser la más importante invención humana –y, por extensión, las redes informáticas, primero conectadas y ahora cada vez más “inalámbricas”. Como herramienta universal, es crucial para el futuro de la ciencia, de la medicina, de la seguridad, del comercio, de la educación y de la actividad industrial. Los trastornos tecnológicos más espectaculares en la sociedad son los avances en cuanto a la potencia y a la mini miniaturización informáticas: por ejemplo, en la investigación médica, en la telefonía móvil y en las redes de transmisión, en Internet, en las nanotecnologías y en los escáneres cerebrales. En realidad, casi todos los desarrollos tecnológicos de hoy dependen totalmente de la

* NdT: “La sociedad ideal”.

informática (a su vez enteramente dependiente de los componentes de plásticos.

En abril de 1965, Gordon Moore, uno de los dos fundadores del fabricante de microprocesadores Intel, vio uno de sus artículos publicado por la revista americana *Electronics Magazine*. Escribía:

La complejidad de los componentes de bajo costo se ha multiplicado por un factor de alrededor de dos por año... Este ritmo seguirá creciendo, sin duda, a corto plazo, e incluso aumentará. A largo plazo, el ritmo del crecimiento será más incierto aunque nada impide pensar que continuará así, al menos durante una década. Significa que en 1975, el número de componentes de bajo costo en un circuito integrado será alrededor de 65.000. Pienso que un circuito tan grande puede ajustarse sobre un solo *wafér**.

Esta predicción resultó correcta y el fenómeno de la potencia informática duplicada cada dos años fue tan sorprendente que ese análisis visionario ha llegado a ser denominado como la “ley de Moore”.

Hoy, aunque seguimos invocando con frecuencia la Ley de Moore (usualmente de modo equivocado) para describir la gran velocidad de desarrollo de la informática y de los microprocesadores, el concepto ha resultado ser una predicción acertada (una erudición, más que una ley) y es un estándar de referencia para la industria informática.

* NdT: parte de un semi-conductor.

Sin embargo, es cierto que la Ley de Moore ha quedado obsoleta en poco tiempo, ya que la velocidad y la densidad de los microprocesadores han aumentado mucho más rápidamente de lo que Gordon Moore había predicho en 1965.

El Dr. Nick Bostrom observaba, en un artículo de 1997 sobre las máquinas super-inteligentes:

La ley de Moore postula que la velocidad de los procesadores se duplica cada 18 meses. El tiempo requerido para multiplicarse por dos, antes, era de dos años, pero este plazo cambió hace quince años. Los datos más recientes indican un tiempo de duplicación de sólo 12 meses. Eso significaría que la potencia de los ordenadores se va a multiplicar por 1.000 de aquí a 10 años. La ley de Moore es la referencia para los fabricantes de microprocesadores cuando deben elegir el tipo de chip que van a elaborar para mantenerse competitivos⁶⁵.

También en 1997, los famosos futurólogos americanos Marvin Cetron⁶⁶ y Owen Davis⁶⁷ escribían en su *best-seller*, *Probable Tomorrows*:

Si los doctores en informática más optimistas hubieran acertado, en el ordenador de bolsillo del mañana podrían caber mil millones de *bytes* (un *gigabyte*) en su memoria viva (RAM) –funcionando 50 millones de veces más deprisa que los PC's más rápidos de hoy⁶⁸.

Esta vieja predicción, de hace 10 años, estaba bien encarilada: mi *Ipod* tiene 80 *gigabytes* y no un solo *gigabyte* de

memoria, pero la potencia de los organizadores de bolsillo sigue sin multiplicarse por 50 millones.

¿Dónde estamos, en realidad, diez años más tarde? ¿Y dónde estaremos, en cuanto a rapidez y potencia de los procesadores en 2030?

La respuesta es que esta simple cuestión sobre la potencia de los microprocesadores no es la idónea para juzgar el resultado de la informática.

La potencia informática no sólo depende de la velocidad de un único procesador. Hoy, la informática es una actividad en redes, en arquitectura de microprocesos y entre ordenadores independientes. Los microprocesadores tienen ahora múltiples “corazones” (por ejemplo, motores de búsqueda) y muchos de los procesadores multi-corazón están enlazados bajo la forma de “racimo” o de “rejilla” de potencia que puede ser “local” o verdaderamente “global”.

Cabe tener una idea de la potencia verdadera de los procesadores multi-corazón, con la historia contada por la revista *MIT Technology Review* en febrero de 2007:

La semana pasada, Intel anunció un proyecto de investigación que hizo saltar de alegría a los adictos a la informática: el primer superordenador dotado de un “*terascale*” programable sobre un chip.

La empresa mostró un chip único dotado de 80 corazones, o procesadores, y demostró que esos corazones podían estar programados para suprimir números al

ritmo de un billón de operaciones por segundo, una unidad de medida llamada “*teraflop*”. El chip es del tamaño de un sello de correos grande, pero tiene la misma velocidad de cálculo que una súper-computadora que, en 1996, medía unos 700 metros cuadrados y gastaba unas 1.000 veces más electricidad⁶⁹.

Esta noticia, anunciada por Intel, líder del mercado desde hace diez años, sugiere que la predicción del Dr. Nick Bostrom en 1997 sobre el aumento de la potencia de los ordenadores durante los años 1997-2007 resulta acertada e incluso superada. Pero lo importante, y notable, en el artículo del *MIT Technology Review* es la miniaturización espectacular de los chips y la reducción del consumo de energía durante las operaciones.

En realidad, la cantidad de energía gastada por los microprocesadores multi-corazón ha llegado a ser un problema importante. *The Economist* observaba en marzo de 2007:

El primer método para ahorrar energía es el uso de los nuevos microprocesadores multi-corazón, cuyo resultado ha mejorado no por el aumento de velocidad sino por integrar varios motores de proceso, o “corazones”, en cada chip –un acercamiento a energía mucho más barata. AMD, Intel y Sun resaltan ahora más los resultados/watt de sus chips (el trabajo efectuado por unidad de energía) que el resultado. Los procesadores bi-corazón son ya habituales y los de tetra-corazón van aumentando. El paso de ‘bi’ a ‘tetra’ durante los 18 últimos meses ha multiplicado por 4,5 los resultados por watt, según declara Stephen Smith en Intel⁷⁰.

Es posible que los diseñadores de chips encuentren algún tipo de barrera física durante la próxima cuarta parte del siglo, en su lucha por procesadores siempre más pequeños y competitivos. Trabajan ya sobre formas cercanas a la nano-escala, y utilizan componentes plásticos para el aislamiento y la fabricación de los microprocesadores⁷¹. No obstante es posible que dificultades con la dispersión del calor, con las conexiones de entrada y salida, con la propia barrera de la velocidad de la luz, o con problemas en los materiales utilizados, supongan el fin de la epopeya de la ley de Moore sobre la velocidad de los desarrollos.

Como ejemplo, un artículo publicado por *Computer World* en marzo de 2007:

Los fabricantes de microprocesadores de memoria se proyectan hacia un día, futuro, no muy lejano, en que la tecnología a base de silicio tropiece con las leyes de la física y con el hecho de que la memoria no pueda miniaturizarse más. Este desarrollo tendrá implicaciones en ciertos aparatos como los *walkman MP3* y las cámaras digitales.

Estas problemáticas podrían animar a los fabricantes de memoria informática a gastar centenares de millones de dólares para perfeccionar la próxima gran tecnología.

Las alternativas posibles parecen de ciencia-ficción: M-RAM, P-RAM, memoria molecular y nano-tubos de carbono⁷².

Y, no obstante, en 1982, se empleaban calificativos parecidos para describir los futuros desarrollos de los microprocesadores, mientras se observaba el crecimiento desenfrenado del sector. En esa época, los científicos sugerían un vuelco eventual hacia ordenadores super-refrigerados que pudieran seguir el ritmo del desarrollo (utilizando las “*Jonctions Josephson*”) y numerosas voces se alzaban para sugerir que se sustituyera el procesador de sustrato de silicón por materiales exóticos como el arseniato de galio.

Hoy en día, los diseñadores de microprocesadores piensan en pasar a un diseño a nano-escala, a nuevos sustratos, e incluso a informática cuántica. Según *Nature*, uno de los materiales nuevos que parece prometedor es el *graphene*:

El último que pretende suceder, en el trono, al silicón es el *graphene*. Se ha utilizado para fabricar un transistor que funciona a temperatura ambiente, y ofrece la esperanza de poder fabricar aparatos electrónicos más pequeños y más rápidos cuando el silicón alcance sus límites (en los 2020).

El *graphene* es una forma de carbono bidimensional, descubierto hace solamente dos años. Un material muy fino –con espesor de un solo átomo–, muy conductor y con una resistencia mínima, lo que ha animado a los físicos y a los investigadores en materiales a una febril búsqueda de aplicaciones que puedan explotar sus propiedades⁷³.

Los polímeros (plásticos) desempeñan también su papel en la creación y fabricación de nano-procesadores. En

mayo de 2007, Hewlett-Packard hizo una declaración importante:

Hewlett-Packard y Nanolithosolutions declaran que disponen de una máquina que permitirá a los fabricantes de semi-conductores producir microprocesadores soportando conductores de sólo algunos átomos de ancho.

Y el aparato se instala en unos pocos minutos.

La máquina es un sistema de impresión litográfica. Esto es, de acuerdo con su nombre: un molde con un complicado diseño se presiona sobre un sustrato para crear un modelo. Los flujos y los canales creados en el sustrato se rellenan luego con metal para dar lugar a hilos conductores eléctricos.

Son sus dimensiones las que diferencian la impresión litográfica de un molde para gofres o de una tapa de caucho. El sistema HP-Nanolito tiene capacidad para crear flujos pequeños, de 15 nanómetros, menores que la anchura de los hilos eléctricos de los procesadores actuales. El molde, o módulo, no crea flujo de silicona, sino una capa delgada de polímero en la superficie del silicona.⁷⁴

Yo pienso que no habrá barrera infranqueable que impida el imparable desarrollo de los microprocesadores, en un futuro previsible. Es cierto que tendremos que pasar a la fabricación a nano-escala y que se necesitarán nuevos materiales, como el plástico que desempeñará un papel importante, pero no

tengo ninguna duda de que, de aquí a un cuarto de siglo, los comentaristas seguirán preguntándose si hay un final imaginable para la aceleración exponencial del desarrollo de los microprocesadores (¿o deben llamarse nanoprocesadores?)^f.

Como, finalmente, el ritmo de desarrollo tecnológico crece también de modo exponencial, es casi imposible evaluar lo que serán, verdaderamente, la potencia y la capacidad de los ordenadores en 2030.

Quedan, sin embargo, algunos expertos cualificados dispuestos a aventurarse en predicciones definitivas, en cuanto a la velocidad y a la potencia que alcanzarán los ordenadores y las redes informáticas en 2030. El Dr. Paul D. Tinari⁷⁵, Director del *Pacific Institute for Advanced Study* (y antiguo profesor de *Future Studies* en la Universidad de San Francisco), escribe:

Según la ley de Moore, la potencia de un ordenador se multiplica por dos cada 18 meses, lo que significa que serán unas 500.000 veces más potentes en 2030. Además, según la Ley de Nielsen⁷⁶, la “conectividad” aumenta un 50% por año, y así, en 2030, los usuarios dispondrán de 100.000 veces más anchura de banda que hoy. En esa época, es casi seguro que ustedes tendrán un ordenador con una velocidad de CPU de 2,5 PHz, una memoria media de un *petabyte* (1.000 *terabytes*), un disco duro de con capacidad de un cuarto de

^f En agosto de 2007, el Laboratorio de Investigación de IBM en Zürich demostró que la sustitución molecular podría reemplazar a la tecnología actual a base de silicio con procesadores tan ínfimos que un superordenador podría tener un chip del tamaño de un grano de polvo. IBM pretende también demostrar que a escala atómica puede conservar hasta 1.000 veces más ficheros, en disco duro, que con la tecnología actual. Tales discos duros podrían almacenar 30.000 largometrajes en un aparato del tamaño de un Ipod.

exabytes (mil millones de *gigabytes*) y que se conectará a Internet con una anchura de banda de un octavo de *terabit* (un billón de dígitos binarios) por segundo⁷⁷.

Por eso el Dr. Tinari sugiere que los ordenadores del año 2030 serán medio millón de veces más potentes que los actuales. Para mí, sin embargo, el resultado está infravalorado. Sus proyecciones parecen ignorar la evidencia de que el propio ritmo de desarrollo exponencial está acelerándose exponencialmente lo que ha hecho que llevara a cabo sus cálculos asumiendo que la Ley de Moore funcionaría aún sobre la base de 18 meses, mientras que existen muchas pruebas de que ese ritmo ya pasó a 12 meses, incluso a menos.

En una entrevista concedida a InstaPundit.com, Ray Kurzweil propuso su propia previsión sobre la velocidad informática en 2030:

En 2030, un ordenador de un valor de mil dólares tendrán unas mil veces más potencia que el cerebro humano. Recuérdese también que los aparatos no se parecerán a los discretos objetos de hoy. Habrá una red informática integrada en nuestro medio ambiente, en nuestro cuerpo y en nuestro cerebro⁷⁸.

Al considerar esos dos diferentes métodos de previsión de las futuras velocidades de los ordenadores, yo concluyo añadiendo que veo la red informática en 2030 varios millones de veces más potente que las actuales. Si esta predicción fuera cierta, tendría hondas implicaciones para el futuro de la humanidad.

La sociedad “siempre al habla-siempre conectada”

Sugería antes que nos faltan palabras para describir las nuevas tecnologías y los nuevos conceptos. Apenas estamos entrando en un asombroso período durante el cual el Internet, la Web, la telefonía móvil, la televisión, la radio y la comunicación inalámbrica van a fusionarse en un nuevo “medio de comunicación” global. Este nuevo “medio” (qué pobre y qué poco evocadora es la palabra) verá a los individuos “siempre al habla, siempre conectados, todos con todos, todo con todo, siempre y por todas partes”.

Esta última frase, larga y complicada, era necesaria ya que no tenemos aún la palabra, o la frase, para describir tal firmamento de extensas conexiones electrónicas. No obstante, mientras empezamos a construir esa nueva vivienda para la humanidad, que tanto nos cuesta calificar, ella, la tecnología, estará preparada, con alto estado de madurez y fácilmente disponible, a bajo coste en todos los países del mundo (y en el espacio y al menos en algún otro planeta) de aquí a 2030.

Todo el mundo conoce el Internet y su interfaz gráfico: el “*World Wide Web*” (la Web mundial). Todo el mundo conoce el móvil, la televisión y la radio. Los nuevos componentes de esta emergente “Super-web inalámbrica” fusionada, son minúsculas máquinas inteligentes que comunicarán entre sí sin hilos. En su versión más sencilla, estas máquinas quizás sean Radio-etiquetas de plástico (*RFID tags*), que emitirán señales de auto-identificación y enviarán datos cuando se les pidan por un escáner inalámbrico adyacente. En una versión

más compleja, se implantarán sensores de máquinas en los puentes o en otras estructuras cruciales, para transmitir datos sobre la carga soportada y el estado de la construcción. Las máquinas transmitirán señales que recorrerán nuestros cuerpos enviando información sobre nuestra condición física, o incluso, por dar otro ejemplo más, los bomberos, al actuar en los edificios en llamas, llevarán captadores inalámbricos que señalarán su posición y darán datos sobre las condiciones que encuentran.

Pronto casi todo el mundo estará vinculado a ese “Internet extendido” para el que todavía no tenemos nombre. Se usarán muchos tipos de tecnologías: desde el protocolo de comunicaciones Internet tradicional hasta señales de radio móvil, comunicaciones de telefonía móvil independiente y transmisiones por satélite. En resumidas cuentas, todas esas discretas tecnologías llegarán a ser una sola y única cosa: una “malla” que lo enlazarará todo, desde las farolas callejeras hasta el avión que vuela a 10.000 metros de altitud.

Las señales de la salida de este nuevo “medio” son visibles ya. En abril de 2007, un periodista escribía en *The Economist*:

Los artilugios y los mecanismos hablarán con los demás aparatos –y se les mantendrá y renovará a distancia–. Sensores sobre edificios y puentes permitirán gestionarlos con eficacia al asegurar su seguridad. Sistemas inalámbricos en tierras agrícolas medirán la temperatura y la humedad y controlarán los sistemas de riego. Etiquetas certificarán la procedencia y la distribución de los alimentos y la autenticidad de las

medicinas. Minúsculos chips, dentro o fuera de los cuerpos de los individuos, enviarán sus señales vitales a clínicas para ayudar a mantenerlos sanos.

Imagínense cómo las comunicaciones inalámbricas podrían cambiar el ir en automóvil. Los fabricantes de coches ya empiezan a monitorizar los vehículos para saber cuándo reemplazar las piezas antes de que se averíen, según los cambios de vibraciones o de temperatura. En caso de accidente, chips inalámbricos podrían avisar a los servicios de emergencia e indicarles a dónde tienen que ir, qué ha ocurrido y si hay heridos. La información sobre el tráfico puede ser instantánea y perfectamente precisa. Se pueden gestionar los peajes por trayectos concretos. Una empresa americana vende coches, por *leasing*, a la gente que no puede conseguir créditos, sabiendo que, si no se respetan los plazos, puede bloquear el arranque de los vehículos y recuperarlos. Algunas aseguradoras británicas ofrecen pólizas de seguro con bonificaciones, según la precisión de trayectos y horarios del conductor⁷⁹.

El Dr. David Clark⁸⁰, investigador informático en el Massachusetts *Institute of Technology*, que contribuyó al desarrollo del Internet, piensa que dentro de quince o veinte años la red debería integrar un billón de aparatos, en su mayoría inalámbricos.

Y aunque estamos al principio del desarrollo de lo que algunos llaman “el Internet de las cosas”, están apareciendo nuevas aplicaciones enormemente úti-

les. Empresas como el conglomerado gigante Wal-Mart⁸¹ inscriben ya sus inventarios con *RFID tags* (radio-etiquetas) y pronto sus clientes no tendrán que vaciar sus carritos en caja. Las radio-etiquetas sobre cada producto enviarán los datos a un escáner y se entregará la cuenta a los clientes (que pagarán pasando su móvil sobre el escáner) –y todos esos dispositivos cómodos se fabricarán principalmente con plásticos, unos materiales que rápidamente están llegando a ser “inteligentes”.

Los sensores inalámbricos ofrecerán su enorme contribución al ahorro de energía. Si cada luz en un edificio tuviera un pequeño nódulo inalámbrico, sería posible gestionar el alumbrado más eficazmente, orientándolo hacia unos u otros rumbos. Así se podría programar que los nódulos actuaran como detectores de humo en línea y que no sólo dieran la alarma en caso de incendio sino que también indicaran el lugar. Y podrían servir además como sistema de seguridad o permitir la interacción informática con otros aparatos del edificio. En la *Economie Hydrogène*, Jeremy Rifkin nos dice:

En un futuro muy cercano, sensores sobre cada utensilio o máquina eléctrica –neveras, acondicionadores de aire, lavadoras, alarmas– permitirán informar sobre el costo de la electricidad por minuto, así como sobre su temperatura, luz y otras condiciones ambientales, para que las fábricas, los despachos, los hogares, los barrios y las comunidades enteras puedan ajustar, continua y automáticamente, sus necesidades

a las de los otros y al flujo de energía disponible en el sistema.

El fabricante holandés de aparatos domésticos, Philips, piensa introducir sistemas de alumbrado inalámbricos en los edificios comerciales a partir de 2012. Y los investigadores de la sociedad siguen trabajando para desarrollar alumbrado en redes capaz de descubrir objetos en un edificio, de vigilar las dotaciones en hospitales y prevenir los robos en los despachos.

En Gran Bretaña, la sociedad Rentokil⁸² añadió un pequeño sensor de plástico y un módulo inalámbrico a sus ratoneras para dar la alarma al personal del edificio cuando el roedor es capturado. Constituye un avance significativo si se compara con las trampas que requerían inspecciones regulares. En un edificio grande puede haber cientos de ellas y siempre se olvida alguna.

Desde junio de 2006, se colocaron millares de ratoneras digitales en edificios grandes y locales, como el nuevo Wembley Stadium de Londres. Las ratoneras comunican con centros conectados a Internet por una red móvil, para dar la alarma al personal y anunciar la captura del roedor. El sistema proporciona una gran riqueza de información. Los datos se almacenan y se analizan para determinar cuándo y dónde se atrapa a los roedores, para que los regidores coloquen las trampas del modo más eficaz y para avisarles de una nueva invasión.

Se anuncian, casi cada día, nuevos ejemplos de aplicación de comunicaciones “*machine-to-machine*” (M2M). En Estados Unidos, algunas cárceles tienen equipos de sensores

de ubicación y de identificación⁸³ colocados en pulseras de plástico que llevan todos los reclusos (y sus carceleros) y, tras su utilización, se ha registrado un significativo descenso de la violencia.

De aquí a 2030 todos llevaremos etiquetas, pero más para protegernos que para restringir nuestros movimientos (si no le gusta la idea de ser “etiquetado”, considere que su móvil se conecta más de 800 veces por segundo con su red de telefonía, con lo que siempre se sabe dónde está mientras permanece encendido).

Transmitiremos nuestra situación, al completo, en continuo; la información sobre las señales vitales y la fisiología de nuestro cuerpo se recolectarán y se transmitirán para asegurar nuestro bienestar, y, si enfermamos, se pedirá ayuda automáticamente. Cada soldado en el campo de batalla transmitirá su posición, cada pasajero de transporte subterráneo en común transmitirá su posición (Londinenses, no olviden que su tarjeta de suscripción de plástico ‘*Oyster Card*’ es un chip *RFID*), las entradas de las tiendas reconocerán a sus clientes y los fans de fútbol tendrán tiquets que identificarán el club del que son hinchas y su localización en el estadio. Los grifos averiados en nuestros edificios se encargarán de llamar al fontanero y los aparatos que consumen energía se apagarán por si solos cuando descubran que no la necesitan.

Habrá enormes problemas de privacidad cuando todos estemos conectados permanentemente, así como nuestras posesiones y el medio ambiente a nuestro alrededor. Habrá que dictar nuevas leyes para proteger nuestros derechos e inventar nuevos sistemas para que se respete tal legislación.

Pero, a pesar de todos estos problemas, nos hemos lanzado de cabeza hacia un futuro “interconectado por completo, siempre al habla, por todas partes y para siempre”.

Ese medio ambiente “conectado en permanencia” fomenta nuevas interacciones humanas mientras que la red, en sí, gana potencia. Hace poco, una serie de nuevas tecnologías, agrupadas bajo el nombre de “Web 2.0”⁸⁴ trajo avances significativos en cuanto a la funcionalidad de la comunicación y de la transmisión por Internet (y permitió aplicaciones, más de tipo de tratamientos de texto y hojas de cálculo por la red, que programas independientes sobre ordenadores individuales). Y mientras la red va ganando capacidad, los humanos van descubriendo nuevos modos de explotar su potencial y de colaborar.

Uno de los nuevos desarrollos más interesantes –de los que evolucionarán más fácilmente en paralelo con los avances de la red– es la aparición de lo que llamamos ‘comunidades Wiki’⁸⁵, según la enciclopedia online gratuita Wikipedia⁸⁶, creada por los usuarios. Las comunidades Wiki utilizan espacios de colaboración en Wiki-estilo para llevar a cabo un *brainstorming* que resuelve problemas, gestiona proyectos y desarrolla una gran diversidad de conocimientos comunes (y tal vez una sabiduría común). Un buen ejemplo de comunidad Wiki en acción se refleja en una web llamada Wikinomics:

Utilizan una Wiki en los Países Bajos para planificar el uso de turbinas eólicas y conseguir un ahorro de emisiones de CO₂ del 20% al 30%. En la Wiki, extendida por el uso de un *plug-in* de Goglemap,

encontramos mapas que proponen sitios para la instalación de turbinas eólicas. La meta de este Wiki-proceso es presentar propuestas para la ubicación de 6.000 turbinas eólicas de 3Mwatts, que dotarían de electricidad a los Países Bajos⁸⁷.

Este nuevo y emergente “firmamento inalámbrico” (por falta de una expresión más adecuada) sería un lugar para poder conversar, jugar, hacer negocios, ganar dinero, administrar el gobierno, aprender, enamorarnos, hacer el amor, almacenar nuestros recuerdos, recordar y honrar la memoria de nuestros difuntos, y conectarnos con nuestros amores y amigos, con nuestros objetos inanimados y con nosotros mismos. Es el futuro de la humanidad.

Para mi esta idea no es nueva. Hace 25 años escribí una obra titulada *The On-Line Handbook*⁸⁸, en la que decía:

La puesta en red de los ordenadores alrededor del mundo tendrá efectos de largo alcance, y la extensión del saber, el intercambio de ideas y la dispersión de la información provocarán una revolución en nuestra sociedad.

Cuando ustedes estén en línea, experimentarán la sensación de que la revolución, navegando por el hilo telefónico, ha invadido su habitación.

¡Ya saben lo que significa el mundo conectado y empiezan a entender sus implicaciones! A partir de ahora, son ustedes pioneros de la era informática y van a experimentar, con admiración, la potencia de los

ordenadores unidos entre sí, un potencial que será normal para la próxima generación⁸⁹.

De aquí a 2030, la experiencia vivida con el uso de esta “super red combinada” será más rica y multisensorial de lo que es hoy, siendo invisible y omnipresente por completo. “El acceso a Internet”, por falta de terminología futurista, se proporcionará por las farolas, las ventanas, los trenes, los aviones, los edificios y los campanarios de las iglesias. Será “el Internet aéreo” en el que nosotros, nuestros niños, nuestros animales domésticos y millares de objetos inanimados (y máquinas muy inteligentes) estarán unidos cada segundo del día.

La super-web de alta velocidad de 2030 ofrecerá las imágenes holográficas en 3D de los acontecimientos deportivos, las comedias dramáticas de la TV y los juegos y simulaciones sexuales. La super-web podrá presentar simulaciones táctiles, olfativas y gustativas. La super-web multisensorial creará experiencias virtuales que parecerán tan reales que será imposible distinguirlas de las reales (puesto que la realidad sólo nos aparece a través de nuestros sentidos humanos, y así, ¿quién podrá argumentar sobre el grado de realidad?).

Quizás, incluso antes de 2030, cuando nuestros cerebros se enlacen directamente con la super-web por un interfaz neutro y con un pensamiento único, podremos acceder a los datos del mundo entero acerca de la información, de la comunicación, del aprendizaje del saber, del espectáculo y del ocio, por la gloria sensorial. Parece de ciencia-ficción, pero en 2030 los humanos gozarán de un acceso tan extenso como pasmoso.

Super-inteligencia de las máquinas (fuerte inteligencia artificial)

Si algunas de las ideas que acabo de exponer les han aturcido un poco, me temo que van a encontrar nociones más abrumadoras en este ensayo sobre los desarrollos tecnológicos probables (o casi) para los veinticinco próximos años. La primera se refiere a máquinas super-inteligentes, o, para decirlo más claramente, máquinas tan listas como usted o yo.

La ciencia cuya meta era desarrollar máquinas super-inteligentes tenía antes el nombre de Inteligencia Artificial (IA) y, a principios de los años 80, había intensos debates sobre cuándo la IA sería desarrollada y sobre cuándo realmente ordenadores inteligentes ayudarían a los cirujanos, controlarían los flujos de tráfico terrestre, gestionarían el tráfico aéreo y, en general, contribuirían a la mejora y a la protección de la vida humana.

Pero, para el mundo exterior, los esfuerzos de la comunidad IA parecieron vanos, dando la impresión de que la investigación para desarrollar la inteligencia artificial disminuía y se desvanecía en una niebla lejana. No fue eso lo que ocurrió, sino que las investigaciones, inesperadamente, tomaron otro rumbo. Nuestros impulsos antropomórficos nos hacían suponer que un robot parecido a un ser humano surgiría de los artificiales laboratorios de los años 1980, dispuesto a ser nuestro amigo. Pero veinte años antes aún no habíamos empezado a entender lo que era un humano en términos de funciones cognitivas o fisiológicas del cerebro. Los intentos para conseguir una copia de nosotros mismos eran nulos.

Sin embargo, una inteligencia mecánica sofisticada (aunque con una apariencia poca humana) se desarrolló en realidad y se extendió a partir de las investigaciones sobre lo que llamábamos entonces “inteligencia artificial”. Ahora, los programas gestionan y controlan (bajo vigilancia humana) el vuelo de los aviones, los sistemas de control del tráfico aéreo, las operaciones quirúrgicas y los sistemas militares. Estos sistemas de IA son sólidos y extremadamente útiles; nuestro mundo moderno ya no podría prescindir de ellos.

El profesor Marvin Minski, del Massachusetts *Institute of Technology* de Boston, al que se considera como el “padre de la inteligencia artificial”, en una entrevista en la revista *Discover*, en 2007, explicaba:

La historia de la IA es bastante graciosa porque los primeros avances reales eran magníficos, como una máquina que podía resolver problemas de lógica o defenderse bien en una clase de cálculo. Pero entonces intentamos crear máquinas que pudieran responder a preguntas sobre los cuentos sencillos que se leen en primaria. No hay máquinas hoy que puedan hacer eso. Por ello, los investigadores se concentraron en problemas que parecieran difíciles, como jugar al ajedrez, pero sin avanzar cuando trataban problemas que la gente considera fáciles. Es un tipo de evolución hacia atrás. Pienso que con nuestros sistemas de razonamiento basados en el sentido común llegaremos a conseguir resultados si encontramos subvenciones para ello. Uno de los problemas es el escepticismo de la gente ante este tipo de investigaciones⁹⁰.

Preguntado sobre su libro, de 2007, *The Emotion Machine*, Minsky describe el tipo de máquina con inteligencia artificial que quisiera realizar hoy:

El libro es de hecho un esquema para construir una máquina. Me gustaría dedicar un equipo de programadores a crear la estructura de la Máquina de la Emoción descrita en el libro: una máquina que pueda cubrir todos los niveles de pensamiento que contemplo. Nadie ha construido aún un sistema que tenga, o adquiera, conocimientos sobre el pensamiento en sí, para mejorar, con el tiempo, la resolución de problemas. Si pudiera disponer de cinco buenos programadores, creo que podría hacerlo en tres o cinco años.

Nosotros, los humanos, no hemos concluido nuestra evolución, y así, si pudiéramos construir una máquina tan inteligente como una persona, nos sería posible llegar a una de ellas mucho más lista. No es importante crear otro ser humano. Lo interesante sería llegar a fabricar una máquina que supiera hacer cosas que nosotros no podemos.

Como, sin razón, se consideraron un fracaso las investigaciones en IA en los años 80, en la investigación actual para desarrollar ordenadores dotados de una inteligencia como la nuestra pero con características propias, ya no se ha vuelto a hablar de 'inteligencia artificial'. Este campo de estudio se llama ahora de "super-inteligencia" o "IA sólida".

Nuevamente el Dr. Nick Bostrom, dice:

Dado que la super-inteligencia, algún día, será técnicamente posible, ¿decidiremos desarrollarla? Se puede contestar afirmativamente con cierta confianza. Todos los pasos dados por el camino hacia la super-inteligencia suponen previsibles ganancias económicas.

La industria informática invierte sumas considerables en la nueva generación de hardware y software, y seguirá haciéndolo mientras la competitividad y la posibilidad de beneficios ejerzan su presión. La gente quiere ordenadores mejores y programas más inteligentes, y quiere también aprovechar los beneficios que las máquinas puedan proporcionarle. Tener medicinas mejores, poder olvidar las tareas aburridas o peligrosas, disponer de ocio... la lista de ventajas para el consumidor no tiene fin. Hay, asimismo, fuerte motivación militar para desarrollar la inteligencia artificial. Y, a lo largo de ese camino, existe el natural obstáculo de los ‘tecnofóbicos’ argumentando que: “Hasta aquí, bueno, vale, pero no vayamos más allá”⁹¹.

Mas ¿cómo sabremos cuándo los ordenadores del futuro son ya tan inteligentes como los humanos? Para ello, es preciso conocer la “Prueba de Turing”. Alan Turing es un matemático británico que, cuando estudiaba en Cambridge, publicó un artículo titulado “*On Computable Numbers*”⁹², en 1936. Este trabajo planteaba los fundamentos de la informática moderna y describía, de forma explícita, una máquina teórica que podríamos llamar hoy ordenador.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Alan Turing construyó el primer ordenador para que el gobierno británico

descodificase las comunicaciones encriptadas de los nazis y de los japoneses y, en 1950, publicó un artículo, “*Computing Machinery and Intelligence*”, en el que describía una prueba capaz de determinar el momento en que la inteligencia del ordenador equivale ya a la del ser humano.

Ahora conocida como la “Prueba de Turing”, el método de evaluación necesita que un humano hable con una máquina (por teclado, en la versión original de Turing) y mantenga con ella una compleja conversación. Cuando el humano, durante la prueba, ya no sepa si habla con otro humano o con una máquina, se dice que la máquina ha superado la prueba de Turing.

Hoy añadiríamos muchas más funcionalidades a la prueba, como la reacción emocional, e, incluso, el humor, aunque, sin embargo, esencialmente, la idea de Turing supone la evaluación ideal.

Así pues, ¿cuando podríamos encontrar ordenadores con una inteligencia similar a la nuestra? He aquí la predicción de Ray Kurzweil:

Una vez creada la máquina que pueda superar la prueba de Turing (hacia 2029), vendrá una etapa que será un período de consolidación durante el cual la inteligencia no biológica realizará rápidos progresos.

Conseguida la IA sólida, se podrá avanzar en ella y nos será posible multiplicar sus potencialidades, puesto que constituyen la naturaleza fundamental de las capacidades de una máquina. Una IA sólida

engendra, en seguida, muchas IA sólidas y éstas acceden a su propio diseño, lo entienden y lo mejoran, y, de hecho, evolucionan más rápidamente, para dar una IA aún más capaz e inteligente, y el ciclo se va repitiendo de modo indefinido. Cada ciclo no sólo crea una IA más inteligente sino que necesita menos tiempo que el ciclo anterior, puesto que es lo propio de la evolución tecnológica (o de todo proceso de evolución). La premisa es que, una vez alcanzado el estado de la IA sólida, la escalada de la super-inteligencia será ya un fenómeno imparabile.

Los que, entre ustedes, luchan a diario con estúpidos PC's reacios y entorpecedores de cerebros, pueden pensar que la predicción de Kurzweil, relativa a una máquina que pueda superar la Prueba de Turing en 2029, es absurda, pero yo les pido que consideren la evolutiva naturaleza de Google o de otros buscadores de Internet. ¿Han notado que Google, en particular, parece hacerse más y más "inteligente" a diario? Eso no es por accidente.

Larry Page, uno de los dos fundadores de Google, contaba al público, en Nueva-York, en febrero de 2007:

'En Google tenemos gente que intenta realmente crear inteligencia artificial y a gran escala. No estamos tan lejos de ello como la gente piensa⁹⁴.

En mayo del mismo año, Eric Schmidt, el PDG de Google declaró en el *Financial Times* que el buscador esperaba poder ofrecer, a sus usuarios, consejos prácticos para tomar decisiones importantes en su vida:

La ambición de Google de maximizar, para sus usuarios, la información personalizada que tiene es tan fuerte que el piensa poder decir a la gente, un día, qué empleo debería aceptar o a qué dedicar su tiempo de ocio.

El PDG de Google, Eric Schmidt, explica que la recolección de datos personalizados es uno de los sistemas clave de Google, para expandirse y para que la sociedad lo vea como una continuación lógica de su decidida misión por organizar las informaciones del mundo entero.

El objetivo es permitir a los usuarios de Google plantearse preguntas como: “¿Qué tengo que hacer mañana?” o “¿Qué empleo debo aceptar?”⁹⁵

Yo pienso que Google es, por lo menos, un cerebro global despertador, como imaginé en mi novela, publicada en 2001, *Emergence*⁹⁶, (el título se refiere al fenómeno de la conciencia que “emerge” de una red ancha global). Y no creo ser un imaginador fantasioso. Google acumula una gran parte de la información mundial en sus amplias bases de datos y mantiene la evolución histórica de las búsquedas y las preferencias de la gente, incluso aquella que nunca utilizó sus servicios. El conocimiento de lo que quiere la población mundial que utiliza el Internet y en qué territorios del mundo, significa tener la mejor guía del *Zeitgeist*^{*} global. Si a esto se añade una inteligencia informática en plena expansión, no es muy difícil localizar dónde se encontrarán, en el sis-

* NdT : “Lo que está de moda, el reflejo de los gustos de una época.””

tema informático, las primeras señales de una inteligencia próxima a la humana.

¿Cómo viviremos con máquinas tan inteligentes como nosotros, o más inteligentes que nosotros? Bill Hibbard⁹⁷, Científico Senior Emérito del *Space Science and Engineering Center*, en Wisconsin, y autor de *'Super-intelligent machines'*, sugiere:

Una situación crítica en el progreso científico es inminente. Se trata de la explicación de la consciencia y su demostración, construyendo una máquina consciente.

Sabremos que está dotada de conciencia por nuestra conexión emocional con ella. Poco tiempo después, construiremos máquinas mucho más inteligentes que los seres humanos, porque las máquinas inteligentes nos aportarán su propia ciencia e ingeniería.

Y el abismo de conocimientos, que había disminuido a lo largo de los siglos, volverá a ampliarse. No en el sentido de disminución de conocimiento científico sino en el de que la gente entenderá menos su mundo por su relación íntima con un cerebro más allá de su poder de comprensión. Entenderemos el cerebro de la máquina como nuestros animales domésticos entienden el nuestro. Llenaremos ese vacío de conocimiento con la religión, otorgando a la máquina inteligente el papel de Dios.

En su obra publicada en 2007, *Beyond AI: Creating the Conscience of the Machine*, el Dr. J. Storrs Hall, socio investigador

del *Institute for Molecular Manufacturing* de Palo Alto, California, describe las capacidades de la inteligencia artificial, que él llama inteligencia “epihumana”:

Mi modelo para una IA epihumana sería como tomar a las diez personas más inteligentes que conocemos, extraerles su ego, y multiplicarlas por cien, para obtener mil personas verdaderamente brillantes, listas, que, juntas, se empeñen en un mismo proyecto. Otra alternativa es imaginar a una persona particularmente inteligente a la que se otorgaría mil veces más tiempo para cumplir cualquiera tarea concreta. Podemos predecir, sin rodeos, con la Ley de Moore, que diez años después de la aparición de un nivel de IA capaz de aprender, pero todavía sin saber auto-mejorarse, el mismo programa que funciona sobre una máquina del mismo coste cumplirá tareas mil veces más rápidamente que nosotros. Podría, por ejemplo:

- Leer un libro normal en un segundo, entendiéndolo por completo
- Seguir un curso en la Universidad y hacer las tareas y las investigaciones en diez minutos
- Escribir un libro, -habiendo hecho investigaciones profundas, en dos o tres horas
- Producir el equivalente a una vida humana de producción intelectual, con los conocimientos adquiridos, la madurez y la experiencia vivida, en un par de semanas⁹⁸.

Quizá la última palabra sobre las máquinas super-inteligentes corresponda a Irving John Good (uno de los criptógrafos

de la Segunda Guerra Mundial que trabajó con Alan Turing), autor de un artículo, publicado en 1965, "*Speculations Concerning the First Ultrainelligent Machine*":

Así, la primera máquina ultra-inteligente es el último invento que el hombre tendrá jamás necesidad de realizar.⁹⁹

Las nanotecnologías

El término "nanotecnología" es sencillo de definir (el control de la materia a una escala inferior a 1 micrómetro, normalmente entre 1 y 100 nanómetros) pero los tipos de ciencia y de tecnología desarrollados a este sub-microscópico nivel varían mucho.

El primero que identificó esta zona de investigación fue un físico legendario, el Profesor Richard P. Feynman, en su famosa conferencia de 1959 titulada "*There's Plenty of Room At the Bottom*"^{*}. Predecía un gran éxito para los científicos que eligieran trabajar a escala atómica. Pero el campo de las nanotecnologías empezó verdaderamente a desarrollarse a mediados de los años 80 cuando un estudiante de Doctorado, Eric Drexler, escribió una tesis que luego alcanzó fama, titulada, *Nanosystems Molecular Machinery Manufacturing and Computation*¹⁰¹. A partir de ahí empezaron las investigaciones científicas serias.

* NdT: "Queda mucho sitio abajo".

Hoy día está utilizándose ya nanotecnología sencilla, cuando se integran aditivos a nano-escala a los plásticos. Como decía la revista *Technology Research News* en 2003:

Los investigadores de las Universidades de Groningen, en los Países Bajos, y de Amherst, en Massachusetts, han encontrado modos de utilización de la electricidad para forzar a que cantidades microscópicas de plásticos se configuren conteniendo columnas y tubos.

Esta funcionalidad microscópica en los artículos de plástico es tan pequeña como 100 nanómetros, o sea, 50 veces más pequeña que un glóbulo rojo, y podría usarse para fabricar aparatos electrónicos y mecánicos a esa escala. “Las estructuras pueden complicarse y disponemos de una amplia gama de diseños diferentes”, contaba Ullrich Steiner, profesor de física de polímeros en la Universidad de Groningen.

Según Steiner, el método podría usarse para los plásticos en electrónica, los diodos emisores de la luz, los aparatos de energía solar y los filtros ópticos¹⁰².

Las nanotecnologías pueden usarse para dar a los plásticos y otros materiales funcionalidades específicas (por ejemplo: antiséptico, anti-UV, resistencia al fuego, absorción de calor, resistencia a las manchas y conducción de la electricidad), pero también en investigaciones de ingeniería molecular, un tipo de experimentación del que se esperan resultados verdaderamente espectaculares.

Cuando las nanotecnologías moleculares (MNT, en inglés) estén totalmente desarrolladas, teóricamente podríamos construir casi todo, partiendo de la escala atómica, incluyendo los alimentos, el agua, los ordenadores y unos robots a nano-escala que situarán medicinas exactamente ahí dónde el cuerpo las necesita.

Entre los “nano-optimistas” se encuentran varios gobiernos (y futurólogos) que ven las nanotecnologías como una manera de proporcionar, sin incidencias negativas para el medio ambiente, abundancia material a la población mundial, ofreciendo: recursos universales de agua potable, víveres y cultivos creados por ingeniería molecular para un rendimiento agrícola elevado inversamente proporcionalmente a la mano de obra y a las tierras labradas necesarias, alimentos interactivos “inteligentes” con contenido nutritivo mejorado, potente y barata fuente de energía, producción de bienes manufacturados eficaces y limpios, mejoramiento radical de las fórmulas de las medicinas, diagnósticos e injerto de órganos humanos, capacidad de almacenar mucha información y aumento de las posibilidades de comunicación, aparatos electrodomésticos ‘inteligentes’, y altos resultados para el funcionamiento humano gracias a la convergencia de tecnologías.

Los críticos del desarrollo MNT sugieren que las nanotecnologías van a exacerbar los problemas de desigualdad socio-económica existentes y la distribución desigual del poder, porque crearán mayores desniveles entre ricos y pobres a través de una inevitable nano-división (la diferencia entre los que controlan las nuevas nanotecnologías y los que verán desplazados por ellos sus productos, servicios y mano de

obra), desestabilizarán las relaciones internacionales por la carrera creciente de las nano-armas y el aumento del potencial de las armas biológicas, proveerán de herramientas de vigilancia omnipresente con implicaciones significativas en las libertades civiles, conducirán a la ruptura de las barreras que dividen la vida y la no-vida, y redefinirán hasta la noción de ser humano. Algunos¹⁰³ llegan a sugerir que las nano-moléculas podrían huir al medio ambiente y auto-reproducirse para conquistar el mundo bajo la forma de “goo gris”¹⁰⁴, una materia gris y pegajosa, que acabaría por consumirlo todo.

Cualesquiera que sean los beneficios y los peligros potenciales de esta tecnología, la mayoría de los futurólogos y futuristas está de acuerdo con que la nano-ingeniería será posible en las próximas décadas, aunque pocos entre nosotros pueden indicar cuándo los productos de esta ciencia empezarán a surgir. Ray Kurzweil, por su parte, escribe en su web de Internet:

Aunque la mayoría de los proyectos nanotécnicos se enfoca hoy hacia las nanotecnologías estructurales, el desarrollo de las nanotecnologías moleculares será sin duda una prioridad de aquí a unos años. Toda la potencialidad MNT puede desarrollarse durante los diez próximos años, o más, pero la preparación debería empezar ahora.

El valor económico y el peso de lo militar de una nano-fábrica serán inmensos. Incluso un modelo primitivo podrá convertir archivos CAD en productos en unas horas. La duplicación de las nano-fábricas costará igual que cualquier otro producto por nano-

tecnología. El costo de los bienes manufacturados será irrisorio comparado con los criterios actualmente en vigor y la capacidad de producción podrá multiplicarse por dos en unas horas¹⁰⁵.

En *The Extreme Future*, el Dr. James Canton ve que las nanotecnologías tienen el potencial para ofrecer una bonanza similar:

Las nano-ciencias representan un cambio radical en la ciencia de la materia, las medicinas, los electrodomésticos y los bienes manufacturados. Los nano-productos podrían cambiarlo todo, reduciendo funciones a una escala 100.000 veces más pequeña que un cabello humano. Las inversiones mundiales en nanotecnología superaron los 10 mil millones de dólares en 2005. De aquí a 2008, el nano-mercado podrá alcanzar más de 32 mil millones de dólares a nivel mundial. Las nano-materias conducirán a un crecimiento del mercado a corto plazo, mientras que los nano-aparatos dominarán el incremento ulterior.

Las implicaciones de las revoluciones nanotécnicas por venir son muy numerosas, y para 2030 estaremos en la cumbre, con aplicaciones nuevas y sorprendentes, que enriquecerán (y, quizá, pongan en peligro) nuestro mundo físico. La nanotecnología es el “comodín” más abrumador que cabe en el juego de la tecnología y es posible que problemas contemplados en otras partes de este libro puedan resolverse en parte, o por completo, gracias a esa ciencia (por ejemplo, la nanotecnología podría ofrecer nuevas fuentes de energía limpia). En 2003, el fallecido Profesor Richard Smalley¹⁰⁶ de la Rice University

de Texas –galardonado con el Premio Nobel por sus investigaciones en química– pronunció una conferencia titulada “*Nanotechnology, The S&T Workforce, Energy & Prosperity*”. En su alocución, describía las catorce maneras en que, según él, la sociedad se vería afectada (muchos de esos desarrollos tecnológicos dependen de los plásticos para su materialización):

1. Los fotovoltaicos: una revolución para reducir costes de 10 a 100 veces.
2. Almacén de H₂ (hidrógeno): una revolución en materiales de bajo peso para los tanques de presión y/o un nuevo sistema ligero, fácilmente reversible, de quimisorción del hidrógeno.
3. Pilas de combustión: una revolución para reducir costes de 10 a 100 veces.
4. Baterías y super-condensadores: una revolución para mejorar de 10 a 100 veces las aplicaciones de automoción y generación de distribución.
5. Reducción foto-catalítica del CO₂ para producir un carburante líquido como el metanol.
6. Foto conversión directa de la luz+agua para producir H₂ (hidrógeno).
7. Materias super-resistentes y ligeras para: dividir por más de 100 los costes para ir en LEO y en GEO (camino de órbitas espaciales) y más tarde hacia la luna, permitir enormes, pero ligeras y económicas, estructuras de cosecha en el espacio, y para aumentar la eficacia de coches, aviones, etc.
8. Nano-componentes electrónicos para revolucionar los ordenadores, los sensores y los dispositivos.

9. Cables de alta tensión (superconductores o quantum conductores) con los cuales se puede reorganizar la red de transmisión eléctrica y que son capaces de transportar la energía eléctrica a nivel continental e incluso mundial, y también reemplazar hilos de cobre y aluminio en casi todas partes –especialmente adecuados en el bobinado de motores eléctricos (muy útiles si podemos eliminar las pérdidas de corrientes de Foucault).
10. Catalizadores termo-químicos, para generar el H₂ a partir del agua, que funcionan con eficacia a temperaturas inferiores de 900°C.
11. Esquemas de mineralización CO₂ que pueden funcionar a gran escala, empezando por el basalto y evitando flujos residuales.
12. Robótica basada en la nano-electrónica con IA para permitir el mantenimiento de estructuras solares en el espacio y sobre la luna; y el mantenimiento de los reactores nucleares y el reprocesado del carburante.
13. Nano-materiales/revestimientos que reducirán mucho el coste de la perforación en profundidad, permitiendo la extracción de HDR (Hot Dry Rock: piedra seca y caliente) geotérmico.
14. Alumbrado nanotécnico para reemplazar las bombillas de incandescencia y de fluorescencia¹⁰⁷.

Sin duda la nano-ingeniería a nivel molecular tendrá un profundo impacto en nuestro futuro. Y, por sorprendente y futurista que parezca la nano-producción molecular de bienes manufacturados, al acercarnos a 2030, casi todo

lindará la ruptura dentro del ciclo de la evolución humana en aceleración.

La Singularidad

Durante el verano de 1965, convencí a mis compañeros de clase (teníamos entre 16 y 18 años) para celebrar un debate sobre el tema: “El hombre transferirá su cerebro a las máquinas”. Yo era el principal proponente de una moción que no entusiasmó a mis amigos, como puede comprenderse.

Hoy, cuarenta años más tarde, podemos imaginar que vendrá el momento en que tengamos que considerar no sólo las problemáticas morales y éticas relativas al traslado de un cerebro humano a una máquina, sino también qué actitud adoptar cuando la inteligencia de las máquinas supere la humana.

Esta parte de mi libro sobre el estado verosímil del mundo en 2030 será, sin duda, la más controvertida y parecerá la más disparatada a muchos lectores, porque describe un período durante el cual las máquinas se harán tan inteligentes como los humanos, que, lógicamente, intentarán mejorar su propia biología para rivalizar con esas máquinas que están construyendo. El período, que vendrá tras el momento en que la inteligencia mecánica exceda las capacidades humanas, empieza a ser conocido con el nombre de “La Singularidad”.

“La Singularidad”¹⁰⁸ es una expresión elegida por los futuristas, futurólogos e informáticos para describir el momento

en que la inteligencia humana ya no sea la forma dominante de inteligencia sobre la Tierra. Solemos carecer de terminología adecuada para el futuro tecnológico, pero, en este caso, pienso que el término “singularidad” es adecuado, aunque quede impregnado de cierta opacidad. En astronomía, una “singularidad” es –el horizonte de los acontecimientos, más allá del cual nada es visible*. La singularidad por venir, en la evolución humana, es similar. Una vez que las máquinas sean más listas que los humanos, crearán un mundo imposible de imaginar por los humanos que no se habrán desarrollado a medida de la tecnología. Ese desarrollo constituirá una singularidad en los asuntos humanos.

La expresión “Singularidad” fue utilizada inicialmente, en el contexto de la evolución de la máquina-humana, por Vernor Vinge, Profesor de Matemáticas en la Universidad de San Diego. En un artículo, escrito en 1993, él empezaba así:

De aquí a treinta años, dispondremos de los medios tecnológicos para crear inteligencia sobrehumana. Poco después, vendrá el final de la era humana.

¿Se puede evitar tal progreso? Y, si no, ¿no podríamos encarrilarlo para lograr sobrevivir? Se plantearán estas preguntas. Y algunas posibles respuestas (y algunos peligros consiguientes) se obtendrán.

La aceleración del progreso tecnológico ha sido el aspecto más notable de este siglo. Yo mantengo en este artículo que estamos cerca de un cambio equivalente a la aparición de la vida humana sobre la Tierra. La

* NdT: más conocido por “Bolsa negra”.

causa precisa de este cambio es la creación inminente, por la tecnología, de entes dotados de una inteligencia superior a la humana. Existen diversos medios para que la ciencia pueda conseguir este avance (y esa es otra razón para confiar en que el acontecimiento ocurrirá)¹⁰⁹.

Desde 1993 ha habido muchos trabajos sobre este tema. El investigador Dani Eder del *Boeing AI Center*¹¹⁰, especulaba en un artículo de 1994:

¿Cuándo vendrá la Singularidad?

La respuesta es muy simple: en 2035 estaremos cerca del acontecimiento. Varias razones apuntan a esa fecha. Una de ellas es una proyección sencilla a partir de las tendencias de la población humana. A lo largo de los últimos 10.000 años, esta ha seguido un esquema con aumento hiperbólico.

Desde 1600 años después de J.C., la tendencia se ha acelerado de modo constante, con una asíntota situada hacia 2035. Entonces, la población mundial se habrá vuelto verdaderamente infinita, o una tendencia que ha perdurado durante la historia de la humanidad se habrá roto. De un modo u otro, será un momento muy particular.

Puesto que la capacidad de los ordenadores se duplica aproximadamente cada dos años, creemos que dentro de cuarenta años los ordenadores serán tan potentes como los cerebros humanos. Dos años des-

pués, serán dos veces más inteligentes , etc. Por otra parte, la producción de ordenadores no se limita con el ritmo de la reproducción humana. Así, la cantidad total de inteligencia disponible, contando ordenadores y seres humanos, saltará bruscamente hacia adelante de aquí a 40 años. Esto es, en 2035¹¹¹.

En 1995, el Dr. Steve Alan Edwards¹¹² (escritor y biólogo) publicó un artículo sobre la web australiana 21C (*21st Century Magazine*) en el que describía la masa creciente de “singularistas” y “transhumanistas” y hablaba de sus objetivos:

¿No sería realmente formidable que pudiéramos, al insertarnos en una máquina (o insertando una máquina en nosotros), llegar, de un modo u otro, a esa forma de inteligencia sobrehumana, llegando a ser nuestros propios sucesores en la evolución?

¿No sería formidable si pudiéramos sobrevivir a la Singularidad?

Vayamos al encuentro de los “transhumanistas” : una comunidad virtual de futuristas enlazada por Internet, cuyo objetivo declarado es la auto-transcendencia por medio de la tecnología. Esta comunidad, de implantación internacional, cuenta con pocos socios. Tiende a ser transhumanista gente joven, inteligente y tecnológicamente culta y, a menudo, estudiantes de ciencias de la neurología o de la información.

Tras (Vernor) Vinge, sus héroes intelectuales son el experto en robótica Hans Moravec, el pionero de la

IA Marvin Minsky, el gurú de las nanotecnologías K. Eric Drexler, y el físico/cosmólogo Frank Tipler.

Moravec y Minsk sostienen que podría ser factible, teóricamente, el “almacén cerebral”, es decir, la emulación del intelecto y la personalidad de un individuo por un ordenador. Drexler sostiene que la Singularidad está mucho más cerca de lo que imaginamos y que será fruto (sí, lo han adivinado) de la nanotecnología, la ciencia que consiste en crear objetos controlando la materia a escala molecular. El esquema cosmológico de Tipler dice que quien hace evolucionar el universo es un superordenador gigante, el ‘Punto Omega’ –que es, tal vez, imposible de distinguir de Dios¹¹³.

Muchos caminos llevan a la Singularidad. Yo escribía antes que las redes informáticas mundiales y los miles de millones de ordenadores que se enlazarán a ellas dispondrán de las mismas cualidades de consciencia y de super-inteligencia. Como escribía el Profesor Marvin Minsky en uno de sus más famosos libros, *Society of Mind* (1988)*:

Este libro intenta explicar cómo funciona el cerebro. ¿Cómo puede la inteligencia surgir de la no-inteligencia? Contesta a eso dec diciendo que cabe hacer un cerebro a base de muchas pequeñas piezas, todas desprovistas de inteligencia.

Yo llamaría “Sociedad de la Mente” a ese esquema de que cada cerebro se compone de muchos procesos

* NdT: “la sociedad de la mente”.

más pequeños. Los llamaremos agentes. Cada agente mental, por sí mismo, sólo puede hacer una cosa sencilla que no necesita capacidades intelectuales ni tampoco pensamientos-. Sin embargo, cuando esos agentes se reúnen en sociedad –de ciertos modos muy especiales– surge la inteligencia.

Pero el trabajo más notable producido en el siglo XXI es el libro, ya citado, de Ray Kurzweil, titulado *Humanité 2.0: la bible du changement*. Kurzweil sugiere en él:

Cuando hayamos conseguido crear una máquina capaz de acertar la Prueba de Turing (hacia 2029), el período posterior será una era de consolidación durante la que la inteligencia no biológica conocerá rápidos avances. Sin embargo, la extraordinaria expansión calculada para la Singularidad, durante la cual la inteligencia humana se va a multiplicar miles de millones de veces, no llegará hasta mediados de 2040.

Sinceramente, es imposible precisar cuando llegará la Singularidad, pero será el desarrollo más importante de la evolución humana desde que nuestra especie descubrió el lenguaje y empezó a usar herramientas (la forma más antigua de tecnología).

Muchos contemplan con escepticismo la noción de futuras máquinas más capaces que los humanos, pero, después de observar, durante cuarenta años, el progreso tecnológico, yo, personalmente, tengo muy pocas dudas de que se consigan, y pienso que ocurrirá, tal como predice este libro, hacia

2030. A pesar –del gran fracaso que supuso la propuesta de organizar mi debate en 1965, no tengo dudas de que, más adelante, en este siglo, los humanos empezarán a “transvasar” sus cerebros y sus memorias a las máquinas.

Por supuesto, la idea de nos sustituirán máquinas super-inteligentes (con o sin nuestros cerebros instalados dentro) no es nueva, ni siquiera un producto del siglo XX. En 1864, Samuel Butler¹¹⁴, escritor, filósofo y ganadero de ovejas en Nueva Zelanda, escribió a Charles Darwin, el primer hombre que desarrolló la teoría de la evolución, sugiriéndole un nuevo capítulo para acabar con su famosa obra, *L' Origine des Espèces**:

¿Quién sustituirá al hombre? La respuesta es: crearemos nosotros mismos a nuestros propios sucesores. El hombre llegará a ser, para la máquina, lo que el caballo y el perro son ahora para el hombre. La conclusión es que las máquinas son –o están volviéndose– animadas¹¹⁵.

Pero mientras los hombres actúan para desarrollar máquinas, hechas parciamente de plásticos, que conseguirán una nueva forma de vida, nosotros, los humanos, nos volveremos una especie más capaz, más durable y dotada de una mayor longevidad (que trataré en la sección “Salud humana y longevidad”).

¿Qué ocurrirá tras la “Singularidad”? Como indicaba antes, los acontecimientos posteriores no pueden predecirse, ni tampoco imaginarse, con algún grado de certeza, por –cere-

* NdT: “El origen de las especies”.

bros del inicio del siglo XXI incapaces de entender. Sin embargo, estoy convencido de que el destino de la evolución humana es la fusión de la biología humana y la inteligencia mecánica para crear una especie que nos sustituirá a nosotros, una especie semi-plástica que, liberada de las trabas del reloj biológico, podría abandonar este planeta y empezar a colonizar el universo con una forma de inteligencia que, por carencia de vocabulario, sólo puede definirse como “post-humana”.



Capítulo 2

Cambio climático y medio ambiente



Asesor-Consultor:

Mike Childs
Director de Campañas
Friends of the Earth



*CNN Online News:
Europa, 18 de octubre del 2030*

Los hielos invernales vuelven a encarcelar a Europa.

Los puertos de alrededor de Irlanda y del Reino Unido están a punto de cerrar a causa del flujo de hielos de otoño y toda Europa occidental se prepara para afrontar otro invierno helado.

Desde que, hace diez años, el cambio climático alcanzó su punto culminante, y que la gran Cinta Transportadora* del Atlántico (un sistema de corrientes submarinas que llevaba las aguas calientes de la Corriente del Golfo –Gulf Stream– a Europa) dejó de funcionar, millones de personas, de Irlanda, Gran Bretaña, Holanda, Escandinavia, Benelux, Alemania y el Norte de Francia, tuvieron que huir de sus hogares para encontrar condiciones mejores de vida en el sur de Europa e incluso en el norte de África.

* NdT: "Conveyor belt".

El impacto económico de la fracasada agricultura y de las migraciones forzadas durante la última década tuvo un efecto devastador, con hasta un 50% de descenso del PIB nacional en las regiones afectadas. La ayuda alimentaria, y la asistencia económica vinieron, en su mayoría, de Rusia, Asia y Canadá para ayudar a los millones de refugiados europeos que huían de las condiciones siberianas.

Evidencias de esquemas climáticos previos, encontradas en rocas y sedimentos (pruebas paleoclimáticas), indican que esos esquemas climáticos alterados repentinamente en Europa podrían durar hasta un siglo más, como ocurrió cuando la ‘Cinta Transportadora’ oceánica dejó de funcionar hace 8.200 años, o, en el límite, hasta 1.000 años, como durante el primer Período de Sequía iniciado hace ya 12.700 años.

Los párrafos anteriores no son una predicción para este libro de los resultados del cambio climático. Constituyen una extrapolación a partir de la predicción para el “peor caso”, realizada por los consejeros norteamericanos de defensa en un informe de 2003, titulado “Guión del Brusco Cambio Climático y sus implicaciones para la Seguridad Nacional de los Estados Unidos”¹¹⁶.

Los autores de este informe, Peter Schwartz¹¹⁷, consultor de la CIA y antiguo Jefe de Planning para el Royal Dutch/Shell Group, y Doug Randall¹¹⁸, de Global Business Network¹¹⁹ con base en California, son dos muy respetados proyectistas del futuro.

Schwartz y Randall venían a decir que, en el peor de los casos, las temperaturas medias anuales caerían 15° C en Asia y América del Norte y 15,5° C en el norte de Europa. Sugerían que los promedios de temperatura anuales aumentarían 14,5° C en áreas clave alrededor de Australia, América del Sur y el sur de África, y predecían una sequía perenne durante gran parte de los venideros años 20 en regiones agrícolas decisivas y en las que abastecen a los mayores centros de población de Europa y el este de América de Norte que sufren una falta de agua.

Además, planteaban el postulado según el cual las tormentas invernales y los vientos se intensificarían, amplificando el impacto de los cambios. La Europa del oeste y el Pacífico Norte, en particular, sufrirían intensos vientos. El documento concluye prediciendo que los bruscos cambios de clima podrían llevar el planeta al borde de la anarquía, mientras que los países inestables desarrollarían una amenaza nuclear para defenderse y asegurar reservas para sus meneguantes víveres, agua y energía. Los autores añadían que el cambio climático, como amenaza para la estabilidad global, hace eclipsar la amenaza terrorista.

El Gobierno de George W. Bush no permitió el acceso público a este informe, pero hubo individuos implicados que lo divulgaron a la prensa y ahora es de dominio público¹²⁰.

El informe describía, pues, el peor de los casos. Pero ¿cuál sería la mejor evolución previsible de los resultados del cambio climático y cuál sería la intermedia? Y, aún más importante: ¿cuál es la urgencia real de esta amenaza?

En Agosto de 2001, viajé al Pacífico del Sur para descubrir, por mi mismo, los efectos del cambio climático sobre el nivel del mar. Como antiguo periodista científico, conocía la importancia de vigilar las pruebas sobre el terreno (aunque, en la época, no imaginaba los serios efectos de los desplazamientos en avión).

Como muchos otros, había oído, años atrás, los pros y los contras del “calentamiento global” y aunque leí muchos documentos con las pruebas científicas iniciales, me parecía que nada valía tanto como una investigación personal.

Visité pues Samoa, Tuvalu y otras varias islas del Pacífico Sur. En cada isla, fui a los pueblos costeros, busqué a los ancianos y les rogué que fueran tan amables como para enseñarme sus playas.

Sin excepción, los ancianos señalaban el océano, a veces a docenas de metros fuera del mar, e indicaban dónde estaba el nivel del agua cuando eran jóvenes, cincuenta o sesenta años antes. En Samoa, uno de los ancianos me pidió que le acompañara bajo el agua para encontrar una roca, ahora sumergida, sobre la cual él se sentaba, de niño, para pescar. El agua, transparente y de color turquesa, llegaba casi a mi pecho cuando alcanzamos por fin la roca sobre la que me ayudó a encaramarme. Luego volvimos hacia la playa, que se hallaba, al menos, a unos veinte metros de distancia.

Hoy, la mayor parte de las playas en las disminuidas islas del Pacífico Sur no miden más de uno o dos metros de ancho y, en muchos lugares, el océano se ha apoderado de las antiguas extensiones de campo. Los pobladores se han visto

obligados a cortar la selva tropical y a mudar sus comunidades tierra adentro.

El nivel de los océanos sube por muchas razones. Durante largos periodos cíclicos, el nivel de los mares sube y baja naturalmente, pero no existe ningún dato previo que indique una subida de los océanos tan rápida como la de los cincuenta últimos años, y especialmente, durante ellos, los últimos quince. No toda el agua procede del deshielo de los icebergs, cosa que, desde luego, ocurre. También hay deshielo en muchos glaciares terrestres y, desde luego, el agua misma aumenta cuando se calienta.

Científicos responsables sugieren que las tres causas han contribuido a la subida repentina del nivel de los océanos, –Yo utilicé mis investigaciones sobre el tema en una novela publicada en 2005, en la que lo principal ocurría en 2055. En mi ficción, el cambio climático se volvía incontrolable y la humanidad trataba de ponerlo bajo control con tecnologías sofisticadas. El libro se titula *Extinction*¹²¹ (el título sugiere cual es el desenlace).

Algunos cualificados y famosos científicos que consideren los resultados del cambio climático desde un punto de vista más rigurosamente científico que el mío, llegan a una conclusión similar en cuanto al posible desarrollo. La única diferencia es que lo que describen no es ficción y podría hacerse realidad. He aquí lo que escribía el Profesor James Lovelock en *The Independent* en mayo de 2004:

Si no paramos inmediatamente, vamos a condenar la vida de nuestros descendientes. Si seguimos equivo-

cádonos durante 40 o 50 años, no tendrán la menor posibilidad de progresar, será la vuelta a la Edad de Piedra. Quedarán seres humanos vivos. Pero no habrá más civilización¹²².

James Lovelock es el científico que inventó el método para medir el índice de clorofluorocarbonos¹²³ (CFC) en la atmósfera. Estas moléculas eran ampliamente usadas en aerosoles y en las neveras, y estaban destruyendo la capa protectora de ozono de alrededor del planeta. Su demostración tuvo como resultado la firma, en 1987, del Protocolo Internacional de Montreal para proscribir los CFC. La producción de estos propulsores y refrigerantes cesó en los países desarrollados a partir de 1995. Ahora, los agujeros en la capa de ozono disminuyen de nuevo¹²⁴. Si la capa de ozono hubiera seguido agotándose, millones de entre nosotros habríamos muerto prematuramente de cáncer de la piel por exposición excesiva a los rayos ultravioleta que llegan a la superficie del planeta.

James Lovelock es, también, autor de la teoría “Gaia”, ya evocada, que sugiere que este planeta es como un superorganismo cuyas partes son interdependientes una de otra. Allá ustedes si prefieren creer en las interpretaciones más místicas y espirituales de Gaia, pero lo cierto es que muchas partes constitutivas de este planeta están íntimamente enlazadas.

Lovelock no es el único en predecir un apocalipsis causado por el cambio climático. James Canton, un futurista que asesoró a varias administraciones de la Casa Blanca, escribe:

No soy alarmista, pero hay evidencias muy abundantes que corroboran la idea de que el cambio climático y las amenazas medioambientales representan un peligro, real y actual, para la vida tal como la conocemos sobre el planeta. Si no resolvemos este problema, la seguridad, la salud y la supervivencia de la población mundial estarán en juego.

El Profesor Tim Flannery, escritor y zoólogo australiano, comparte esta opinión. Como explica en su libro *The Weather Makers**:

Cuando se considera el destino del planeta de modo global, no hay que concebir ilusiones en cuanto a la apuesta. La temperatura media de la tierra es de 15° C, y que la dejemos aumentar un solo grado, o tres, decidirá el destino de centenares de miles de especies y, más probablemente, de miles de millones de personas. Nunca hubo en la historia de la humanidad un análisis de costo/beneficio que requiriera tal vigilancia...

Si los humanos persisten en no cambiar sus costumbres durante la primera mitad de este siglo, yo creo que es inevitable el colapso de la civilización, a causa del cambio climático¹²⁵.

Incluso los políticos saben ya lo bastante como para presentar el futuro en términos similares. Tony Blair, uno de los gobernantes más comprometidos con los problemas vinculados al cambio climático, cuando ejercía, dijo en 2004:

* NdT: "Los Arbitristas del Tiempo".

Las emisiones de gases de efecto invernadero provocan un calentamiento global con un ritmo que ha empezado a ser significativo, y que es ahora alarmante y, sencillamente, insostenible a largo plazo. Cuando digo ‘a largo plazo’, no me refiero a siglos sino al período de vida de mis niños e incluso también a mi propia existencia. Y cuando digo ‘insostenible’, no quiero plantear un fenómeno que causaría problemas de ajustes, sino hablar de un desafío con unas implicaciones tan lejanas y un poder de destrucción tan irreversible, que alteraría radicalmente la existencia humana... No cabe duda alguna de que tenemos que actuar ahora¹²⁶.

Un año después, Gordon Brown, entonces Canciller del Exchequer, pidió a Sir Nicholas Stern que investigara e informara sobre el cambio climático. Cuando se publicó el Informe Stern¹²⁷ en octubre de 2006, causó sensación. Al dirigirlo a las Naciones Unidas, el informe de Sir Nicholas Stern se contó así:

El Sr. Stern avisaba que “aunque seamos sensibles al cambio climático y reduzcamos las emisiones, el clima cambiará aún más rápidamente de lo que lo ” ha hecho hasta ahora . Mientras el mundo vivía un aumento global de las temperaturas de 0,7° C, él decía: “aunque actuemos aprisa para reducir las emisiones, aún habrá un aumento de 1,5 a 2 grados centígrados. Asistiremos, entonces, a un aumento de una cuarta, o tercera, parte, al que nos tendremos que enfrentar. San Petersburgo, Nueva York, Londres, El Cairo, Ciudad del Cabo, Shanghai, Bombay, Calcu-

ta, Dhakar –todas ellas están bajo la amenaza de la subida del nivel de los océanos, y ciclones, tifones, sequías e inundaciones amenazan muchas regiones en el mundo”.

El Sr. Stern alerta contra las olas de calor, que ya mataron a miles de personas en Europa en 2003 y que “serán la norma de aquí a 2050”. El río Nilo, del que dependen diez países podría ver bajar su nivel a la mitad durante la segunda mitad del siglo. Además, manteniendo la directriz de “seguir adelante sin cambiar nada” –es decir no actuar para reducir las emisiones– aparecerían modificaciones del clima terrestre, sobre las que decía “que no comprendemos bien pero que no tienen precedente y que transformarán el planeta; la diferencia es equivalente a la de la situación actual con el último período glacial”¹²⁸.

En 2007, Ángela Merkel, la Canciller alemana, entonces Presidente de la Unión Europea, explicó al *Financial Times* el porqué de su acción para el acuerdo en la UE¹²⁹, que imponía significativas reducciones de carbono hasta 2020:

Hemos elegido: hubiéramos podido seguir confusos, porque no estaba bien definido el costo (del cambio climático), pero, por el contrario, hemos decidido actuar y asumir que el coste (sea cual sea) de la inacción sería mucho mayor. Es, como reveló el Informe Stern, la principal revolución científica principal que hay que tener en cuenta¹³⁰.

El terciopelo de la piel de un melocotón

Si desean una representación de la atmósfera terrestre, piensen en el blanco terciopelo de un melocotón. En términos relativos, ese terciopelo tiene el mismo espesor que la atmósfera de nuestro planeta. –Al contrario la piel externa de una cebolla es otro símil.

A pesar de su finura, esta capa de gas es lo que hace que la Tierra sea única, comparada con otros planetas conocidos. Esa fina capa de atmósfera permite la vida sobre la Tierra y, sobre todo, el desenvolvimiento de toda la diversidad biológica que depende totalmente de ese halo invisible, frágil, y amenazado.

Es imposible determinar la progresión del calentamiento de la atmósfera de aquí a 25 años, en parte porque dependerá de nuestras acciones durante ese tiempo. Lo que es evidente, sin embargo, es que la actividad humana es responsable de ese calentamiento, peligroso y no natural, del clima. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, (*Intergovernmental Panel On Climate Change, IPCC*)¹³¹ de las Naciones Unidas, proporcionó un informe¹³², mientras yo estaba escribiendo esta obra, que atribuía un del 90% de la responsabilidad del calentamiento a la actividad humana. Las pruebas son irrefutables según ellos.

He aquí las únicas tres conclusiones a las que llega el IPCC (con enlaces a las fuentes de información):

- 1) La subida de nivel de los océanos está aumentando un 50% más rápidamente¹³³ que lo que se predecía en el último informe del IPCC en 2001.

- 2) La Corriente del Golfo va un 30% más lentamente¹³⁴ entre 1957 y 2004.
- 3) El IPCC explica que el calentamiento atmosférico tendrá consecuencias posteriores peligrosas. El 80% del calor extra está proporcionado por los gases de efecto invernadero y es absorbido por los océanos. Cuando aumente la temperatura de los océanos, la parte más importante de ese calor quedará en la atmósfera. Aunque esas emisiones se reduzcan drásticamente, el mundo seguirá calentándose un 0,1° C por decenio durante cierto tiempo.

Más de 2.000 científicos especialistas en el estudio del cambio climático y de las disciplinas relacionadas, contribuyeron al informe del IPCC, cuyas conclusiones compartieron unánimemente. Para toda la gente razonable, el debate sobre si el cambio climático es un fenómeno preocupante, o no, acabó. Quizá la última palabra sobre la posición consensual adoptada por el IPCC al respecto corresponde al ecologista australiano Tim Flannery: “Si IPCC declara algo, hay que creerlo, y entonces se podrá ver que las cosas son mucho peores que las que anunciaron”.

James Lovelock consiguió movilizar a la comunidad internacional en cuanto a los daños de los CFC sobre la capa de ozono. Ahora tenemos que conseguir otro acuerdo, mucho más importante que el Protocolo de Kyoto. Para lograr estabilizar el clima, las intenciones del Protocolo de Kyoto deben multiplicarse por 12¹³⁵, declara Tim Flannery: es necesario reducir el nivel de CO₂ un 70% de aquí a 2050 para conservarlo al doble de lo que era antes de la revolución industrial.

Si no hacemos nada, el nivel de CO₂ en la atmósfera se duplicará: de tres partes por 10.000 del nivel que había a principios de siglo, pasará a seis. Podría calentar el planeta unos 3° C y quizá hasta 6° C.

Si con un golpe de varita mágica pudiéramos parar las emisiones de gases de efecto invernadero inmediatamente, la Tierra seguiría calentándose por las emisiones anteriores hasta 2050. El CO₂ perdura mucho tiempo en la atmósfera. Una gran parte del CO₂ desprendido cuando el mundo empezó a reconstruirse tras la Primera Guerra Mundial, sigue calentando el planeta.

Como dice Tim Flannery:

Desde el principio de la Revolución Industrial un calentamiento global de 0,63° C ocurrió en nuestro planeta y la causa principal es el aumento de CO₂ en la atmósfera, que pasó de 3 partes por 10.000 a casi 4. La mayor parte del crecimiento en el uso de combustibles fósiles ocurrió durante las últimas décadas, y nueve de los diez años más calientes nunca registrados se sitúan desde 1990 hasta ahora¹³⁶.

En otros términos, la responsabilidad incumbe a la generación del *Baby Boom*, puesto que la mitad de la energía engendrada desde la Revolución Industrial se consumió durante los últimos 20 años.

Pero no por una generación: por todos nosotros, en los países desarrollados y, en el futuro, la explosión inevitable

de la población mundial será la principal culpable del cambio que el hombre inflige al planeta.

El siglo XX empezó con una población de algo menos de mil millones de seres humanos y concluyó con una población de 6 mil millones. Cada uno de estos seis mil millones de individuos utiliza, como promedio, cuatro veces más energía que hace 100 años.

Como decía en la introducción de este capítulo, nos enfrentamos ahora a la prueba física del cambio climático, y Europa es un lugar idóneo para mostrar los climas extremos. El calentamiento de la atmósfera provoca esos extremos. Cada grado de calentamiento induce un aumento de las lluvias del 1%¹³⁷. Parece poco, pero el aumento se reparte de forma desigual.

Los años 90 fueron los más calientes de toda la historia de Inglaterra, desde los primeros datos, de 1660, siendo 2006 el año más caliente nunca vivido, 2005 el segundo más caliente, 1998 el tercero y 2001 el cuarto.

En enero de 2007, el *British Meteorological Office* había avisado que 2007 sería el año más caliente jamás registrado¹³⁸ (aunque parece que, sobre todo, fue el más lluvioso). La tendencia a condiciones meteorológicas extremas es obvia y se repite a través de una gran parte de la Europa continental.

En octubre de 2007, el *New York Times* daba noticias alarmantes bajo el título: “*Arctic Melt Unnerves The Experts*”^{*}:

* NdT: “El deshielo de Artica preocupa a los expertos”.

El casquete glaciar en el Ártico se deshelo tanto este verano que las olas invadieron dos importantes rutas de barcos: el Paso del Noroeste por Canadá y la Carretera del Mar del Norte de Rusia.

Por todas partes el hielo flotante se derritió hasta un punto sin precedentes durante un siglo o más, según varias estimaciones.

Ahora los seis meses nocturnos han vuelto al Polo Norte. En el frío que se intensifica, nuevo hielo se forma sobre vastas extensiones del Océano Ártico. Asombrados por los cambios ocurridos este verano, los científicos están estudiando las fuerzas que expusieron 2,6 millones de metros cuadrados de agua al descubierto (seis veces la superficie de California) superando la media desde que los satélites empezaron a registrar en 1979¹³⁹.

El IPCC identificó específicamente a la actividad humana, a lo largo de los últimos 250 años, como responsable de ese calentamiento atmosférico, y ahora nuevas pruebas sugieren que el problema empezó antes. El Profesor Emérito William F. Ruddiman¹⁴⁰ de la Universidad de Virginia es un paleoclimatólogo experimentado, con sesenta años de experiencia. En su reciente obra, *Plows, Plagues and Petroleum*, da pruebas (registro de fósiles y cilindros perforados en el hielo y el suelo) de que el calentamiento global anormal se habría iniciado hace 12.000 años, cuando el hombre empezó las cosechas y la cría de ganado, con la revolución agrícola.

Los árboles derribados para dejar sitio a tierras agrícolas ya no absorbían más CO₂ de la atmósfera y las extensiones quemadas para crear tierras labradas aumentaron las emisiones de dióxido de carbono. Luego, mientras se trabajaba la tierra para sembrar y se inundaban los arrozales, el metano –un gas poderoso calentador del clima– se desprendió también a la atmósfera. El número de animales criados para proporcionar comida o vestido contribuyó mucho también a ello, porque su metabolismo digestivo produce metano.

Por supuesto, hace 12.000 años el número de humanos sobre el planeta era muy bajo –unos pocos millones no más– y el efecto sobre la atmósfera del calor anormal de sus actividades era mínimo. Pero el Profesor Ruddiman y sus colegas lograron medir esas variaciones sutiles, y dedujeron que esos cambios habían influido de forma negativa sobre el desarrollo habitual de los ciclos a los que se somete la atmósfera de nuestro planeta. Nuestro clima es tan sensible –y los datos proporcionados por los fósiles tan precisos– que el equipo de Ruddiman fue capaz también de señalar las reducciones de emisiones humanas de CO₂ y de metano durante los períodos en que las plagas asolaron Europa y Asia reduciendo la actividad humana hasta, a veces, en un 50% durante algunos años^g.

En el año 2030 los historiadores que miren hacia atrás, hacia esta primera década del siglo XXI, la identificarán como el momento en que los humanos empezaron, por fin, a preocuparse verdaderamente por el problema del cambio climático. Una variación, casi palpable porque es percepti-

^g William Ruddiman declaró de modo formal en la introducción de su obra que no recibió ninguna subvención de organismos o de organizaciones que hubieran podido tener interés en probar su aceptación o su rechazo al hecho del cambio climático.

ble, está surgiendo en las mentalidades de los países occidentales –mientras escribo– y ahora mismo parece que no pasa un solo día sin que una figura política importante, una cadena de supermercados o un jefe de Gobierno, declare su innovadora voluntad de luchar contra el calentamiento global^h.

Uno de los antiguos líderes políticos que puede presumir de haber actuado con constancia en la lucha contra el problema del calentamiento global es el antiguo Vice-Presidente de los Estados Unidos, Al Gore. No sólo desempeñó un papel en la película sobre el cambio climático titulada “*Una verdad incómoda*” (que obtuvo un Oscar del Mejor Documental), sino que también sigue políticamente activo. Llamado a testificar ante el Comité del Congreso Americano sobre la Energía y la Calidad del aire en marzo de 2007, declaró:

Quiero hoy dar testimonio de lo que considero una urgencia planetaria, una crisis que amenaza la supervivencia de nuestra civilización y la vida sobre la Tierra.

El planeta tiene fiebre. Si su bebé tiene fiebre, usted va al médico. Si el médico le dice que hay que intervenir, usted no le contesta: “Leí un libro de ciencia ficción que explica que eso no es un problema”. Usted actúa¹⁴¹.

^h Y, en efecto, cuando me pidió este informe [alentándome a enfocarle sobre el cambio climático y el ahorro de energía] PlasticsEurope actuaba en nombre de la industria europea de productores de plásticos para llamar la atención del público sobre este alarmante problema.

Algunas causas menos conocidas del cambio climático

Se ha escrito mucho sobre las causas del cambio climático y mi intención no es tratar aquí, con detalle, sobre las nuevas centrales levantadas en China cada año, ni hablar del apetito creciente de los americanos por el carbón como fuente de energía. Basta con decir que la mayoría del dióxido de carbono, producido por el hombre, que entra en la atmósfera, procede de la generación de la corriente eléctrica y del transporte (carreteras, ferrocarriles, barcos y aviación).

Antes de examinar sectores menos conocidos que emiten carbono –en particular la aviación y el transporte marítimo, dos medios de transporte a menudo ignorados, por comodidad, por las orientaciones políticas nacionales ya que tienen potencial internacional –es útil hacer notar que China (en particular) es una economía que emerge rápidamente y que entiende bien lo vital que es reducir las emisiones de carbono mientras aumenta su capacidad de producción eléctrica. El artículo siguiente fue publicado por el grupo de pensamiento *Ethical Corp* en febrero de 2007:

Una central eléctrica de carbón, ‘supercrítica’, que acaba de terminarse en Shanghai, muestra el camino a seguir. La Fase 2 de la central de Waigaoqiao tiene dos unidades que generan 900 MW y usan turbinas fabricadas por Siemens; es una de las centrales de carbón más sofisticadas de China. Con un rendimiento neto de más del 42% –mucho más alto que el promedio del 31% de las otras unidades– permitirá un ahorro anual de un millón de toneladas de carbón

y una reducción de las emisiones de dióxido de carbono de 2,1 millones de toneladas, en comparación con otras centrales eléctricas chinas típicas del mismo tamaño¹⁴².

Y en septiembre de 2007, la Comisión China del Desarrollo y de la Reforma anunció un proyecto de 133,3 mil millones de dólares para desarrollar fuentes de energía renovable:

China ha hecho público un plan ambicioso que pretende desarrollar energía renovable para reducir sus emisiones de dióxido de carbono progresivas.

El “Plan a medio y largo plazo para las energías renovables” promete producir el 10% de la energía china a partir de energías renovables, de aquí a 2010, para alcanzar el 15% en 2020¹⁴³.

La limpieza de las centrales eléctricas, la búsqueda de fuentes de energía renovable y durable (ver el capítulo siguiente), la conservación de recursos energéticos y la reducción estricta de nuestras emisiones debidas al transporte son acciones urgentes y necesarias. Pero hay otros factores –que tener en cuenta.

Como señaló el profesor de paleoclimatología William Ruddiman, el cambio climático empezó cuando los humanos iniciaron la deforestación del planeta para producir cosechas y criar ganado, en lugar de cazar y recoger. Y la deforestación, en sí misma, es una de las mayores causas, infravalorada, del calentamiento global. *The Independent* informaba en mayo de 2007:

Durante las próximas 24 horas, la deforestación provocará tanta emisión de CO₂ a la atmósfera como 8 millones de personas que volaran de Londres a Nueva York.

Parar a los leñadores es la solución al problema del cambio climático más rápida y menos costosa. Entonces ¿por qué los jefes de gobierno ignoran esta crisis?

Sólo el sector de la energía supera al saqueo y a los incendios generalizados de las selvas, en términos de emisión de gases de efecto invernadero, según un informe publicado por el *Global Canopy Programme* (basado en Oxford)¹⁴⁴, una alianza de líderes científicos en reforestación.

Las cifras proporcionadas por el GCP ofrecen una síntesis de los últimos descubrimientos de los Estados Unidos y se refieren a las estimaciones del Informe Stern para mostrar que la deforestación es responsable de cerca del 25% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, con el transporte y la industria, que proporcionan, cada uno, el 14% de estas emisiones, y la aviación, que sólo representa el 3% del total¹⁴⁵.

Y ¿qué hacemos de las tierras una vez deforestadas? La mayoría de las superficies se usan para el ganado. Quizás les sorprenda saber que el ganado produce el 18% de los gases de efecto invernadero y que las flatulencias del ganado llevaron al belicoso jefe de Ryanair Michael O'Leary a decir una frase, famosa posteriormente, sobre el hecho de que los

gobiernos: “deberían preocuparse más por las vacas que se tiran pedos”¹⁴⁶ que por criticar a su compañía aérea (sin embargo no tenía tanta razón, como se verá en la sección de aviación). Según el *Christian Science Monitor*:

El problema no radica sólo en las famosas flatulencias (origen de chistes) y en las deyecciones del ganado que come hierba, según un informe reciente de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para Productos Agropecuarios). Las alteraciones en el uso de las tierras, en particular la deforestación para obtener tierra labrada y aumentar las superficies de pastos para criar ganado, son, en gran parte, responsables. También el uso de energía para producir fertilizantes, para que funcionen los mataderos y las fábricas de procesado de carne, y para bombear agua.

El ganado produce el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero medidas en equivalente de dióxido, según la FAO. Eso incluye el 9% de todas las emisiones de CO₂, el 37% de metano y el 65% de óxido de nitrógeno. En total supone más que las emisiones causadas por el transporte¹⁴⁷.

Y da la impresión de que no estamos preparados para reducir la crianza del ganado. A pesar de mi referencia anterior a la carne del futuro criada en fábrica (sin ningún animal flatulento), parece que los países productores de ganado confían en la perennidad de los mercados de la carne. Bajo el título “Los países en vías de desarrollo tendrán una elevada demanda de carne de res”, la Cámara de Comercio arabe-brasileña informaba:

Según un estudio sectorial, los países emergentes consumirán 350 millones de toneladas de carne de res en 2030, contra los 100 millones de toneladas de los países desarrollados. Brasil, que ya es el mayor exportador del sector, debería ocupar una posición especial en el mercado. “El mundo necesita a Brasil para comer”, declaró el presidente de la CCAB, Marcus Vinicius Pratini de Moraes¹⁴⁸.

Incluso las Naciones Unidas culpan a la carne de res. Bajo el título “Las emisiones bovinas desgastan más el planeta que el CO₂ de los coches”, *The Independent* decía:

He aquí, pues, el mayor factor de destrucción del medio ambiente. No es el coche, ni tampoco el avión, y ni siquiera George Bush: es la vaca.

Un informe de las Naciones Unidas ha identificado que la rápida progresión de las manadas mundiales es la mayor amenaza para el clima, los bosques y la vida salvaje. Y también son responsables de otros crímenes medioambientales desde la lluvia ácida hasta la introducción de especies extranjeras, desde la desertificación hasta la creación de zonas muertas en los océanos, desde la contaminación de los ríos y del agua potable hasta la destrucción de los arrecifes de coral¹⁴⁹.

¿Qué podemos hacer? Bien, los ganaderos de vacas lecheras en California transforman los excrementos en electricidad¹⁵⁰. También, científicos australianos trabajan para aislar bacterias en los canguros¹⁵¹, lo que les permite comer

hierba sin emitir metano, mientras científicos ingleses pretenden haber descubierto ya una dieta baja en metano¹⁵² para el ganado. Se espera que la bacteria mágica pueda introducirse en las ovejas, los cerdos y en los alimentos para el ganado en general, con el fin de reducir y eliminar sus flatulencias de metano. Puesto que la mayor parte del metano procede de los residuos urbanos domésticos, quizá podamos encontrar una vía para transformar este gas en una forma de energía.

Una buena noticia: aunque el metano es un potente gas de efecto invernadero, queda en suspensión en nuestra atmósfera durante sólo diez años (frente a los 100 años, o más, del dióxido de carbono) y así cualquier intento para reducir las emisiones de metano produciría unos efectos realmente notables.

Aunque las flatulencias del ganado presentan un aspecto cómico, la idea de deforestar cada vez más tierras para criar promiscuamente un ganado flatulento, no puede perdurar. No hay respuesta fácil, puesto que el planeta tiene que alimentarse, pero los alimentos sintéticos (producidos a partir de productos químicos), la carne manufacturada e incluso las fábricas de OGMs comprobadas y controladas (alimentos genéticamente modificados), tendrán que desempeñar su papel en algunas partes del mundo.

Esta última observación es más un hecho que una predicción, puesto que la tendencia está muy clara. Entre 1996 y 2005, la superficie total de las tierras cultivadas con OGM se multiplicó por 50, pasando de 17.000 a 900.000 km², de los que el 55% están en los Estados Unidos.

Friends of the Earth indica que, aunque se resolvieran los problemas de seguridad medioambientales y humanos de las cosechas OGM, cambiar las semillas y las cosechas naturales por semillas y cosechas OGM haría perder la propiedad intelectual de producción de alimentos a las grandes corporaciones que poseen las patentes. La comida, que desde surgió la existencia humana siempre ha sido un recurso natural, se volvería una herramienta comercial si el modelo OGM prevaleciera. Un desarrollo posesivo no coincide con la ambición de actuar para el desarrollo sostenible y para ayudar a que los más desabastecidos del mundo logren mejorar sus condiciones de vida. *Friends of the Earth* declara:

Las cosechas OGM no son más baratas, tampoco de mejor calidad y no presentan beneficios para los consumidores. Incluso una gran parte de la industria biotecnológica empieza a reconocerlo. Tras 30 años de investigación y gasto público, sólo dos modificaciones tienen un verdadero reflejo comercial: la tolerancia a los herbicidas y la resistencia de los insectos¹⁵³.

Por otra parte, la futura OGM, especialmente la llamada “tercera generación” de “farma-cosechas” genéticamente modificada, parece como “la gallina de los huevos de oro”. Como explicaba SciDev.net en junio de 2007:

Los crecientes productos farmacéuticos e industriales en plantas OGM representan una oportunidad que África debería aprovechar ahora.

En tal cultura caben las factorías creadas para producir plásticos biodegradables, proteínas fibrosas, adhe-

sivos y proteínas sintéticas. Por ejemplo, las plantas de tabaco y de patatas se modificaron para producir seda de araña.

Las “Farma-cosechas” son plantaciones modificadas genéticamente para producir productos farmacéuticos, por ejemplos vacunas, anticuerpos y proteínas para tratar enfermedades humanas y de los animales. Se han hecho pruebas clínicas avanzadas con el maíz desarrollado para la lipasa gástrica humana y para tratar la mucoviscidosis¹⁵⁴.

Vista la continua deforestación, nadie puede contradecir el hecho de que las poblaciones mundiales tienen que ser educadas para reducir su consumo de carne. La carne es el peor remedio, en términos de ecología y de energía, para transferir las proteínas/energías de nuestro medio ambiente a nuestros cuerpos (aunque es el método más rápido de ingestión de energía en el momento del consumo). Y una dieta más pobre en carne mejoraría la salud de la mayoría de los ciudadanos.

Como explica Jeremy Rifkin en *The Hydrogen Economy*:

El destino de una tercera parte de las tierras agrícolas del mundo ha sido modificado para pasar de producción de cereales comestibles por los humanos a cereales para los animales. La cría del ganado es ahora la actividad agrícola que consume más energía a nivel mundial. En los Estados Unidos se precisa el equivalente a 4 litros de gasolina para producir 500 gramos de res alimentada con cereales. Para satisfacer las necesidades anuales en carne de res de una familia de

cuatro personas, es necesario utilizar más de 1.000 litros de combustible fósil. Cuando se quema este combustible, se desprenden 2,5 toneladas de CO₂ más a nuestra atmósfera -tanto CO₂ como el que emite un coche estándar en seis meses de uso normal.

Transporte marítimo

El transporte marítimo es un sector que produce emisiones significativas de carbono pero del que se discute poco (y, sobre todo, que se omite en las recomendaciones y legislaciones nacionales contra el calentamiento climático). Aunque representa todavía una pequeña parte del transporte, en él, el marítimo es el sector que experimenta el crecimiento más elevado según *The Economist*:

El transporte marítimo mundial experimenta un aumento anual del 15%. Los intercambios entre China, India, América y Europa representan el 65% de los barcos de más de 250 m. que se desplazan alrededor del mundo cada año. Las tarifas del flete marítimo han aumentado casi una tercera parte durante los cuatro años que precedieron a la cresta, alcanzada en el tercer trimestre de 2005. Esto implica a una loca demanda de nuevos y mayores barcos¹⁵⁵.

Uno de los mejores lugares para experimentar el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentra, quizá, en Estambul. Esta antigua y magnífica ciudad está situada a ambos lados de la banda más estrecha de navegación

del mundo: el Bósforo, un paso que une al Mar Negro (casi cerrado totalmente) con el Mar Egeo y, luego, con el Mar Mediterráneo.

Para todos los países en rápido desarrollo alrededor del Mar Negro (Bulgaria, Rumanía, Ucrania, Georgia y el norte de Turquía), el Bósforo, que a veces no supera los 700 metros de ancho, representa el único canal de acceso para los petroleros y los portacontenedores. Cada diez minutos, barcos enormes pasan en las dos direcciones, pilotados por prácticos del puerto y controlados por un equivalente marino al sistema de control aéreo. Emiten todas amplias cantidades de CO_2 , SO_x ¹⁵⁶ y NO_x ¹⁵⁷.

Estambul ya tiene un gran problema de contaminación por culpa de los doce millones de habitantes, que tratan de desplazarse por la inmensa ciudad. La infraestructura de los transportes es mala por lo difícil de su topografía, por los riesgos de terremoto y por la baja inversión permanente. Casi no hay sistema de metro y los viejos ferrys que van y vienen en el Bósforo añaden sus nocivas emisiones a las de millones de coches que circulan por la ciudad, a los gigantesco barcos de carga y a los cruceros que pasan por el canal.

Todo ese transporte marítimo y las carreteras atascadas hacen que la bella ciudad de Estambul se ahogue bajo una niebla de sucios miasmas marrones que contribuyen mucho a la elevada emisión de carbono en la región, a la deplorable salud pública y a la mortalidad¹⁵⁸.

Sin embargo, los avances tecnológicos permiten que los nuevos barcos sean menos contaminantes. Lo más intere-

sante es que estos desarrollos están ocurriendo en la región del mundo originaria de la mayor parte del aumento de flete marítimo global. Un artículo publicado en China pretendía lo siguiente:

China ha conseguido un avance sustancial en el dominio de la construcción naval con el primer barco impulsado por gas natural licuado (GNL), fabricado en China, uno de los más sofisticados del mundo que se entregará en septiembre.

Hudong-Zhonghua Shipbuilding, una sucursal de la China State Shipbuilding Corporation (CSSC), primer astillero del país y el tercero del mundo, construyó un barco con una capacidad de 47.200 m³.

Están construyéndose otros cuatro barcos, con GNL, que se entregarán a final de año, mientras se trabaja ya en la investigación y el desarrollo de barcos propulsados con el GNL con una capacidad de 200.000 m³ ¹⁵⁹.

Puede que la vela vuelva, para ahorrar carburante y reducir emisiones de carbono. La sociedad alemana Sky Rails comercializa ahora velas a base de plásticos, que parecen enormes cometas, para las largas travesías de los barcos más grandes en el océano. La sociedad pretende:

Cuando se utiliza el SkySails-System, el consumo de fuel del barco puede bajar entre el 10 y el 35%, en promedio anual, según las condiciones del viento. Cuando son óptimas, la reducción del consumo de fuel puede, temporalmente, bajar hasta el 50%. In-

cluso en un pequeño barco de 87 metros, se puede ahorrar hasta 280.000 euros por año.

Los primeros SkySails-Systems con superficie de velas de remolque de más de 320 m² para los barcos, superyates y traineras, disponibles en 2007, permitirán que la producción en serie empiece en 2008¹⁶⁰.

Finalmente, para acabar este incompleto estudio de las emisiones debidas al transporte marítimo, no debe pensarse en un barco de línea para viajar o hacer un crucero de lujo. En su libro de gran resonancia, publicado en 2006, *Heat, How to Stop the Planet Burning*^{*}, el activista ecologista británico George Monbiot publicaba el resultado de sus cálculos sobre cuánto CO₂ habría producido el crucero Queen Elizabeth II por cada uno de sus pasajeros:

Cunard dice que el crucero consume 433 toneladas de fuel por día y que se necesitan seis días para ir de Southampton hasta Nueva York. Si el crucero está lleno, cada pasajero provisto de billete ida y vuelta consume 2,9 toneladas. Una tonelada de fuel del barco contiene 0,85 toneladas de carbono, que producen, al quemarse, 3,1 toneladas de dióxido de carbono. Cada pasajero, pues, es responsable de la emisión de 9,1 toneladas. O sea, una ida y vuelta hasta Nueva York sobre el Queen Elizabeth II representa casi 7,6 veces más emisiones de carbono que el mismo trayecto en avión.

^{*} NdT: "Calor ¿Cómo impedir que el planeta queme?"

Pero existe una manera de cruzar el Atlántico sin emitir un solo átomo de carbono: tomen un billete para el catamarán de fibra de vidrio, impulsado por energía solar, llamado Sun21. Como Gizmag.com decía en mayo de 2007:

Se dio un paso de gigante al querer viajar sin energía fósil: un completo catamarán –llamado el Sun21, acaba de terminar un crucero de ocio a través del océano Atlántico sin consumir una gota de carburante. La energía solar almacenada propulsó a la tripulación de 5 hombres desde España hasta los Estados Unidos con una velocidad constante de entre 5 y 6 nudos, gracias a sus motores eléctricos. Es un avance mayor –un barco fiable para las largas distancias que consume cero fuel– y el éxito de la travesía abre vías hacia transportes marítimos más limpios, ecológicos y económicos¹⁶¹.

La aviación

Ahora vamos a abordar un tema muy difícil: la aviación. El transporte aéreo es un sistema de traslado que tiene tal potencial para empeorar el cambio climático que merece su propia sección –especialmente porque el transporte aéreo internacional, como el marítimo, se omiten a menudo con facilidad, en las políticas y en las acciones tomadas a nivel nacional para luchar contra el calentamiento global.

Las emisiones de carbono de los aviones representan sólo del 2 al 3% de la emisión global de CO₂ por el momento,

pero la aviación es un sector de transporte que crece muy rápidamente (en China un 40% anualmente) y sus emisiones parecen tener un impacto más negativo sobre la atmósfera que otros tipos de emisión de carbono.

En su obra ya citada, “*Heat...*”, George Monbiot habla mucho sobre el transporte aéreo:

La aviación conoció un aumento más fuerte que cualquier otra fuente de gases de efecto invernadero. Entre 1990 y 2004, el número de usuarios de aeropuertos del Reino Unido creció un 120% y la energía consumida por los aviones aumentó el 79%¹⁶². Sus emisiones de dióxido de carbono casi se multiplicaron por dos durante ese período: de 20,1 a 39,5 millones de toneladas, sea el 5,5% de todas las emisiones del país.

Si no hacemos nada para parar este aumento, la aviación aniquilará todas las reducciones que consigamos por otra parte. El gobierno predijo que “si se proveía de una capacidad suficiente”, el número de pasajeros que frecuenta los aeropuertos del Reino Unido pasaría de los 200 millones actuales a 400 millones, o a 600 millones”, de aquí a 2030. Piensa actuar para que se realice esta profecía. Las nuevas pistas de aterrizaje previstas “permitirán acoger 470 millones de pasajeros de aquí a 2030”.

En 2006, *Friends of the Earth* y la *Cooperative Bank* pidieron un informe al *Tyndall Centre for Climate Change Research*¹⁶³ de Manchester, titulado “*Living Within A Carbon Budget*”^{*}, para

* NdT: “¿Cómo subsistir con un presupuesto de CO2?”

intentar proponer un proyecto de cómo Inglaterra podía reducir suficientemente sus emisiones de carbono y alcanzar los objetivos obligatorios que evitaran los peores efectos del cambio climático. Con respecto a la aviación, el informe fue especialmente feroz:

El índice de las emisiones de carbono de la aviación, unido al importante crecimiento anual y a la limitada posibilidad de mejoras eficaces, debería colocar a la aviación entre las prioridades de la agenda gubernamental sobre el cambio climático.

A pesar de ello, el Gobierno se resiste a restringir las emisiones causadas por la aviación, aunque es evidente que esas emisiones no son compatibles con el objetivo, declarado por el propio Gobierno, de reducir las existentes en un 60%, y destruye, pues, por completo, cualquier posibilidad de alcanzar los más drásticos objetivos preconizados por los científicos en relación con el umbral de los 2°C. Las repercusiones, a largo plazo, de tal actitud son difíciles de prever.

En cuanto a la propulsión, los motores de los aviones están dotados de una tecnología madura y la eficacia de la flota actual no debería variar en un futuro previsible. Prolongar esa ausencia de cambio de rumbo en el ahorro de energía es, a largo plazo, el propósito de los responsables de las aeronaves, lo que coloca a la sociedad bajo el yugo de la tecnología actual, para los próximos 30 o 50 años¹⁶⁴.

Ahora bien, las emisiones de carbono de la aviación parecen especialmente nocivas para nuestra atmósfera. En “*Heat...*”, George Monbiot explica:

El impacto climático de los aviones no se limita al carbono que producen. Lanzan varios tipos de gases que enfrían o calientan el planeta.

El impacto global, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, es un efecto de calentamiento 2,7 veces superior al del dióxido de carbono. Es el resultado, en su mayor parte, de la mezcla del aire caliente y húmedo emitido por el escape del motor del avión con el aire frío de la alta troposfera donde los aviones más grandes vuelan. Cuando se condensa la humedad, pueden formarse humos de condensación, que, a su vez, parecen formar nubes en forma de cirros –esas altas formaciones de algodón con cristales de hielo conocidas como “colas de caballo”.

Al devolver una parte del calor del sol al espacio, ese calor queda atrapado también en la atmósfera, en particular de noche. La retención de calor parece ser el efecto más destacado¹⁶⁵.

El hecho de que las estelas de condensación del avión devuelvan “una parte del calor del sol hacia arriba” crea confusión en la comunidad de escritores ecologistas. En “*The Weather Makers*”, Tim Flannery escribe:

El transporte aéreo crece en este momento entre el 3 y el 5% por año y el flete aéreo sube un 7% cada año.

Los investigadores del Imperial College of London combinan las previsiones del cambio climático con las simulaciones de tráfico aéreo para predecir la formación de la estela de condensación e identificar la manera de reducirla.

Pero la afirmación de estos investigadores sobre la formación de nubes por los humos de condensación que calentarían la atmósfera podría resultar equivocada. Unos climatólogos teorizaron sobre el hecho de que los humos de condensación (también llamados “estelas de vapor”) estaban implicados en el oscurecimiento global, pero el constante flujo de tráfico aéreo habría impedido que esto se analizara antes.

La suspensión casi total de tráfico aéreo civil, durante los tres días posteriores al ataque del 11 de septiembre, en 2001, ofreció una rara oportunidad para observar el clima de los Estados Unidos, entonces desprovisto de cualquier efecto debido a las estelas de condensación. Durante este período, se constató un aumento de la temperatura diurna de más de 1°C, lo que implica que las estelas de condensación de los aviones harían aumentar las temperaturas nocturnas y/o harían bajar las diurnas mucho más de lo que se podía pensar previamente.

En otras palabras, el oscurecimiento global quizá oculte el efecto del calentamiento global, pero, haciéndolo, retrocede hacia los peores efectos. Los científicos no están de acuerdo acerca de ello.

Al final, la mayoría de los ecologistas llega a la conclusión de que la creciente población mundial tiene más que reducir su uso del transporte aéreo que dejar al sector crecer con vigor, como se prevé que hará. Sin embargo, yo temo que, a menos que se graven mucho las emisiones de carbono o que se introduzca una legislación que limite el tráfico aéreo (algo muy difícil en los trayectos internacionales), la comunidad de hombres de negocios, y el público, seguirán pidiendo cada vez más líneas y más tránsitos aéreos.

Los medios de comunicación prestan muy poca atención a las alternativas de los carburantes para los aviones. Es sabido que los motores de avión necesitan un combustible de alta densidad de energía para su peso (y que pueda seguir líquido a las muy bajas temperaturas en la estratosfera) y, así, no hay, en la actualidad, ninguna alternativa práctica al queroseno de alta densidad carbónica.

Incluso el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) declara que es cierto que no existe alternativa al queroseno para los aviones. En su informe sobre la Aviación y la Atmósfera Global, el Panel precisa:

No parece haber alternativa a los combustibles a base de queroseno para los aviones comerciales dentro de las próximas décadas. Reducir el nivel de azufre en el queroseno reducirá las emisiones de SO_x y la formación de partículas de sulfatos.

Los motores de avión requieren un combustible de alta densidad energética, especialmente cuando hay

vuelos de altura. Otras opciones de combustible, como el hidrógeno, podrían ser viables a largo plazo, pero requerirían nuevos motores de avión y nueva infraestructura de abastecimiento¹⁶⁶.

A pesar de la certeza aparente en cuanto al oscuro futuro de las emisiones debidas a la aviación, *Time Magazine* decía, en 1988, que la Unión Soviética había conseguido modificar un avión de línea Tupolev Tu-154 para que funcionara con una mezcla de hidrógeno líquido y de gas natural¹⁶⁷.

Para ser justos con el Tyndall Centre, los autores de “*Living Within a Carbon Budget*” reconocían que los biocarburos desempeñarían un papel muy importante en la aviación:

Además de la demanda de mejora de la gestión y de la eficacia de los carburantes usados por los aviones, una tercera parte de estos carburantes tendrá que proceder de fuentes pobres en carbono y ser tecnológicamente compatibles, como el biodiesel y el bioqueroseno, para asegurar que la industria de aviación cumple con su obligación en emisiones de carbono¹⁶⁸.

Sir Richard Branson, magnate de los transportes británicos (interesado personalmente como jefe de compañía aérea), piensa que existe un futuro para los biocarburos más limpios en la aviación. En cuanto a su compañía aérea, Virgin Atlantic, el periódico *The Independent* decía en abril 2007:

Virgin Atlantic anunciará hoy también que será la primera compañía aérea en el mundo en usar biocarburo.

Virgin Atlantic prevé hacer ensayos el año que viene, con Boeing y con el fabricante americano de motores General Electric, para que vuele un 747 con un carburante mezcla de biocarburo y queroseno tradicional¹⁶⁹.

Virgin Atlantic también está renovando su flota para incluir quince Boeing 787 “Dreamliners”, que, según dicen, consumen un 27% de carburante menos que los demás aviones bimotores de misma categoría. Boeing pretende que el 787 gasta menos carburante, en gran parte gracias a los plásticos y a los metales compuestos con los que está fabricado y a que el avión pesa menos que los estándares con armazón de aluminio, otro dominio en el cual los plásticos están contribuyendo de forma positiva a reducir las emisiones de carbono. (Y tanto en la construcción de nuevos modelos, con mayor eficiencia del fuel, como haciendo más eficaces los fletes, los plásticos pueden desempeñar, asimismo, un importante papel. Tras la retrógrada envergadura, hay nuevas alas –que economizan más del 6% de fuel).

Bajo el título “*Travelling green tonight*”, *The Economist* decía en junio de 2007, sobre el Boeing 787, parcialmente fabricado con plásticos:

Como la mitad de la estructura, incluyendo fuselaje y alas, está fabricada con composites, resulta que el 787 es mucho más ligero que cualquier otro avión metálico de mismo tamaño. No solo ahorra energía sino que permite otras mejoras. Por ejemplo, el aire es más agradable de respirar. Los aviones tienen que ser presurizados cuando vuelan por encima de los

* NdT : “Viajemos ecológico esta noche”.

3.000 metros, porque el nivel de oxígeno baja peligrosamente a esas alturas. A la altitud de crucero, generalmente alrededor de 11.000 metros, la presión de la cabina es la misma que la que hay a 2.450 metros (más o menos la misma que México capital) porque mantener una presión más alta en un avión estándar aceleraría el desgaste del metal. Añádase que, para más incomodidad de los pasajeros, el aire está mantenido lo más seco posible porque la humedad corroe el metal. Pero el 787 está presurizado en un equivalente a los 2.000 metros y el aire puede ser menos seco porque los composites son más resistentes que el metal y se ven menos afectados por la humedad¹⁷⁰.

Producir biocarburante para los motores de aviones no sería tan vasta y peligrosamente desastroso como pasar a los biocarburantes (como el etanol) en el transporte por carretera (ver mi última parte, “El futuro energético”). Incluso las flotas importantes de aviones del futuro sólo usarían una ínfima parte del carburante utilizado por los millones de vehículos terrestres en el mundo, y el potencial de la aviación, en emisiones nocivas de carbono, es tan importante, que resulta fácil el cambio a biocarburantes.

Pero aunque el desarrollo de los biocarburantes limpios apunta hacia un futuro (probablemente de aquí a 2030) en el que la aviación dejará de ser un transporte contaminante, se necesitarán años antes de que los biocarburantes estén completamente comprobados y su producción suficientemente avanzada para satisfacer la demanda. Mientras tanto, ¿qué podemos hacer?

Las mismas compañías aéreas han entendido que, a menos que encuentren un modo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, o perderán clientes a medida de que éstos se conciencien sobre el medio ambiente, o estarán bajo la presión de los Gobiernos a medida que éstos se preocupen por regular el problema, o ambas cosas. Easyjet, la compañía aérea europea de mayor expansión, lanzó un proyecto de avión limpio, en junio 2007, el “Ecojet”¹⁷¹ –un avión que dispondrá de fuselaje y alas fabricados con composites plásticos de alta tecnología y de motores de *rotores* abiertos.

Como cliente de Boeing y de Airbus (Easyjet está añadiendo un avión nuevo a su flota cada 12 días¹⁷²), la compañía insistió en que la tecnología de tal avión super-limpio debería estar operativa de aquí a 2015. Por super-limpio la compañía entiende que el nuevo avión sea un 25% menos ruidoso y que emita un 50% de dióxido de carbono menos que los aviones actuales. Los nuevos aviones deberían emitir también un 75% menos de óxidos de nitrógeno que el actual A320 y la familia de los 737¹⁷³. Pero, ¿cómo vamos a reducir las emisiones de la aviación de aquí a 2015?

Los esquemas para compensar las emisiones de carbono varían en calidad y en eficacia e incluso los mejores no pueden considerarse como auténticos mitigadores de los desgastes provocados por la aviación. En esencia, una de las soluciones para compensar la emisión de carbono sería pagar a una organización para que empiece a plantar árboles o invierta en otros proyectos de reducción de las emisiones de CO₂ en todo el mundo, en algún momento del futuro, para conseguir alcanzar un grado que iguale el CO₂ que emitimos como pasajeros.

En *The Guardian*, el ecologista George Monbiot aclaró su posición sobre la compensación de las emisiones de CO₂:

Cualquier esquema que nos persuade de que podemos seguir contaminando no hace más que postergar el momento en el que tomemos conciencia del cambio climático y en el que pensemos que nuestro modo de vivir tiene que cambiar. Pero no podemos permitirnos esperar más. Las grandes reducciones tienen que venir ahora; y cuanto más esperemos, más difícil será impedir un cambio climático incontrolable. Vendiéndonos una consciencia pseudo-limpia, las empresas compensan las emisiones minan el terreno de la batalla política necesaria para atacar el cambio climático a nuestro alrededor. Nos dicen que no tenemos que dar pruebas de nuestra ciudadanía, sino, sencillamente, consumir más.

Sin embargo, las emisiones de la aviación, por citar un sólo ejemplo, aumentan tan rápidamente en el Reino Unido que antes de 2020 cubrirán la cuota fijada para las emisiones de carbono del país entero. Unos veinte años más tarde, las emisiones globales de la aviación representarán la cuota completa de emisión de todos los sectores económicos del planeta¹⁷⁴.

Tony Juniper, director de *Friends of the Earth*, decía en enero de 2007:

Los esquemas de compensación de CO₂ son una nube de humo para ocultar las medidas verdade-

ramente necesarias en la lucha contra el problema del cambio climático. Tenemos que reducir, urgentemente, nuestras emisiones, pero estas alternativas de compensación animan a los individuos, a las sociedades y a los gobiernos, a eludir acciones y seguir contaminando. Todavía estamos a tiempo de actuar, pero no podemos distraernos más con medidas que, a lo mejor, sólo desempeñarán un pequeño papel en la solución al calentamiento global¹⁷⁵.

Entonces, si los biocarburantes no son para ahora y las acciones de compensación del CO₂ ofrecen poca solución, ¿qué podemos hacer para contrarrestar el problema planteado por el transporte aéreo? Rediseñar la aviación es una respuesta posible. En agosto de 2007, Gizmag.com contaba:

El diseño del avión estándar que conocemos bien desde el siglo XX va a acabar en el desguace. A pesar de su omnipresencia, la forma tradicional debería ser destronada por no haber buscado un avión más limpio y más ecológico que transporte a los usuarios alrededor del planeta consumiendo cada vez menos carburante.

Un nuevo grupo de investigación acaba de formarse en una universidad de los Países Bajos, con el declarado propósito de confinar a los libros de historia la forma actual de los aviones comerciales. El proyecto CleanEra va a investigar sobre el BWB (Blended-wing-body*) con motores de hélice de alta tecnología e incluso formas de fuselaje de estilo OVNI, esfor-

* NdT: Alas incorporadas al fuselaje, como en el Concorde.

zándose para producir un modelo de avión comercial ligero, menos ruidoso y menos contaminante, al menos en un 50%, que los modelos actuales¹⁷⁶.

Sin embargo, costará años diseñar, comprobar y construir esos aviones innovadores; mientras tanto, urgentemente, hemos de hacer algo para reducir las emisiones de la aviación.

El hecho es que si tenemos que encontrar las cuotas de reducción de las emisiones del IPCC, el carbono debe ser gravado en la fuente de emisión, (por ejemplo: una tasa a las compañías aéreas por cada vuelo). El dinero recibido tiene que ser utilizado:

- para plantar árboles a muy gran escala (una manera excelente y de baja tecnología de luchar contra el cambio climático –además, los árboles jóvenes, en crecimiento, absorben mucho más CO₂ que los maduros).
- para acelerar el desarrollo de biocarburantes (cuando es adecuado) y de fuentes de energías limpias, renovables y sostenibles.

Un fuerte gravamen de las emisiones de CO₂, disminuirá el crecimiento de la aviación (como lo prueba el reciente aumento de la tasa británica sobre la aviación¹⁷⁷) y los que, de entre nosotros, compraron su segunda casa en el extranjero porque las tarifas de las compañías aéreas eran muy bajas (yo no), sufrirán las consecuencias. Los viajes de negocios podrían reducirse (o no crecer tan rápidamente) y una parte del flete sería transferida hacia el transporte marítimo. No hay alternativa.

Qué podemos hacer con el cambio climático

Hay tantas recetas para salvar el planeta como ecologistas preocupados; el desafío es tan grande y tan importante que en las agendas políticas figura, invariablemente, una gran parte de las propuestas.

Dado que estamos ante una crisis global, seria y extremadamente peligrosa, en el inicio del siglo XXI, parece evidente que tenemos que actuar. ‘Seguir tan tranquilos’ con nuestro quehacer habitual ya no es posible.

Como indicaba antes, el cambio climático ha avanzado ya tanto que es demasiado tarde para evitar sus primeros síntomas. Un informe de Lehman Brothers, en febrero de 2007, titulado “*The Business of Climate Change*”*, da más detalles:

Incluso si la emisión parase hoy, totalmente, la temperatura media de la tierra seguiría aumentando alrededor de 1°C, por emisiones anteriores y por inercia térmica de los océanos –o “compromiso del cambio climático”.

Como las emisiones no van a parar hoy, la temperatura media de la tierra aumentará más de 1°C durante el siglo. Las proyecciones de aumento de las temperaturas dependen del futuro que reservemos a las emisiones de carbono. Si el crecimiento perdura al ritmo actual sin que hagamos nada, la concentración en CO₂ de la atmósfera alcanzará 500 ppm de

* NdT: “El Business del cambio Climático”.

aquí a 2050. Según el “Tercer Estado de Condiciones del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático” (IPCC TAR) y las investigaciones recientes del Hadley Centre, tal incremento continuado de las emisiones de gas de efecto invernadero, durante lo que queda del siglo XXI, llevaría a un calentamiento global de entre 2°C y 5,8°C¹⁷⁸.

El “*California Progress Report*”, también publicado a principios de 2007, llega a las mismas conclusiones:

La batalla ya está perdida. El globo seguirá con el calentamiento que empezó a mediados del siglo pasado. Olas de calor más frecuentes, tormentas más violentas, sequías más devastadoras, deshielo de glaciares más rápido y subidas de nivel de los océanos nos esperan y no importa lo que hagamos. La cuestión planteada por el informe es si tendremos bastante voluntad para cambiar nuestros hábitos, y lo suficientemente aprisa como para impedir que esas malas noticias se transformen en horrores. Incluso si llegamos a cortar, de inmediato, todas las emisiones de gas de efecto invernadero, las temperaturas globales aumentarían 17°C de aquí a final de siglo. Esto significaría parar cualquier fábrica, cualquier automóvil, o cualquier máquina, que funcionen con carburante, carbón o gas natural, a partir de hoy, deteniendo al tiempo, también, la deforestación tropical –quizá algo imposible. El informe del IPCC declara que no podemos permitirnos un aumento de más de 16,4°C antes de que el cambio climático se vuelva catastrófico. Para “descarbonizar” nuestras

economías con una rapidez capaz de atravesar el umbral, los científicos avisan que tendremos que reducir nuestras emisiones, de aquí a 2050, en un 80%¹⁷⁹.

¿Qué nivel de dificultad representa esa reducción del 80% de nuestras emisiones, de aquí a 2050? Pues, si tenemos un buen ánimo, yo pienso que podemos alcanzar ese objetivo sin provocar mayores daños a la economía global y a la esperanza de millones de habitantes de las naciones rápidamente emergentes como China, India y ciertas regiones de América Latina.

La predisposición adecuada

Aunque ciertos síntomas del cambio climático no pueden ser evitados, nuestra tarea principal, a lo largo del siglo XXI, debería ser trabajar para mitigar los peores efectos que pueda traernos y evitar las muertes humanas, la miseria y los costes enormes que no pierden firmeza.

Asimismo, tenemos que cambiar de estado mental y de hábitos, a lo largo y ancho del planeta. Yo estoy dando conferencias y escribiendo sobre los efectos del cambio climático desde el principio de los años 90 (poco, según algunas normas) y he podido constatar un cambio de actitud muy alentador en el público europeo. Según un sondeo del *Financial Times*, en 2006:

Los europeos están masivamente convencidos de que la actividad humana contribuye al calentamiento glo-

bal, y la mayoría de ellos estaría dispuesta, para combatirlo, a aceptar restricciones en su modo de vida.

Investigaciones llevadas a cabo este mes por Harris Interactive en Alemania, Francia, Reino Unido, Italia y España demostraron que el 86% de la gente piensa que los humanos contribuyen al cambio climático y que el 45% estima que representa una amenaza para ellos y sus familias a lo largo de su existencia¹⁸⁰.

Luego, a final de junio de 2007, *The Independent* informaba:

Hay un incremento en el promedio de los americanos que sitúa las cuestiones del medio ambiente entre las amenazas globales –del 23% al 37%– según un estudio detallado publicado por el Pew Centre en Washington.

El medio ambiente irrumpe cada vez más en la actualidad de los Estados Unidos por culpa de las condiciones meteorológicas violentas e inusuales, en general inundaciones y sequías, combinadas con el coste creciente del petróleo. En estos últimos días, abrumadoras precipitaciones afectaron a los estados del sur del país. Más de 35 centímetros de lluvia cayeron ayer sobre el centro del Texas y de Oklahoma, y se prevén más tormentas.

El estudio reveló que los chinos avanzan más que los americanos al considerar los problemas medioambientales como un mayor peligro global (un 70% contra un 37%).

A través del mundo, la mayor parte de los interrogados en los países analizados piensa que el medio ambiente va mal, y la mayoría acusa a los Estados Unidos y, en menor medida, a China¹⁸¹.

A tal nivel de preocupación pública, nuestros políticos tienen que dotarnos de una legislación eficaz, y muy controlada, que no sólo fije los objetivos para la reducción de nuestras emisiones de carbono, sino que también ofrezca primas y estímulos para animar a los individuos y a las empresas.

El cambio que interesa tiene que ocurrir en nuestros negocios y en nuestra vida diaria. Y el único modo de inducir a un cambio en el comportamiento personal es la Educación.

Con esa “Educación” no me estoy refiriendo a las series de televisión que animan a la población a ahorrar energía (aunque pueden ayudar), sino a la educación continua, por los medios, los gobiernos, las empresas y ONG’s, y la industria para que el público sea cada vez más consciente de su responsabilidad ante el planeta.

Un lugar ideal para iniciar ese proceso son los centros de educación, y la ‘FuturEnergia campaign’ de prevención que está poniendo en marcha *PlasticsEurope* constituye un excelente ejemplo de iniciativa para alentar a la gente joven a la conservación de la energía.

Esencialmente, todos tenemos que desarrollar una conciencia del costo de nuestro modo de vida.

La energía (quiero decir: carburantes, electricidad y gas) era relativamente barata en el mundo desarrollado y por eso la hemos malgastado por falta de discernimiento que sin duda escandalizará a los generaciones futuras.

Cuando se visitan los Estados Unidos y se ve cuánto depende ese país de los automóviles, se puede llegar a pensar que nada podrá modificarse en la política nacional americana sin dismantelar una sociedad que depende totalmente de la energía barata (por eso, también, muchos americanos se niegan a aceptar la urgencia del cambio climático). Y yo entiendo bien que en las comunidades y sociedades que se desarrollaron después de la invención del automóvil, prohibir este tipo de transporte sería un fracaso cantado.

La respuesta se basa en rediseñar vehículos más frugales con la energía, cambiar la naturaleza de los carburantes que usan y desarrollar rápidamente fuentes de energía renovable y durable (trato este tema con más detalle en el capítulo “El futuro energético”).

‘La predisposición adecuada’ implica que tomemos conciencia de lo que cuestan nuestras acciones diarias. Si, por magia, cada uno de nosotros, en el mundo desarrollado, viviera teniendo en cuenta la factura medioambiental de su forma de vida, los objetivos podrían alcanzarse mucho más fácilmente.

¿Se aseguran de que sus aparatos eléctricos no queden en ‘standby’? El 7% de la electricidad gastada en el Reino Unido alimenta ese “*standby*”¹⁸². ¿Caminan, van en bicicleta o en transporte público lo más posible, usando su coche sólo

como último recurso? ¿Cuando están forzados a desplazarse en coche, cuidan que no emita mucho carbono (o conducen un 4x4 en ciudad)? He aquí lo que el informe del IPCC, de mayo de 2007, decía acerca de lo que hay que hacer, en el transporte, para luchar contra el cambio climático:

A menos de que haya un mayor cambio en las costumbres de consumo de energía, las proyecciones prevén un incremento continuo de la gastada en transporte del orden del 2% por año, con una utilización y una emisión de carbono aumentando un 80%, en comparación con el nivel de 2002, de aquí a 2030¹⁸³.

¿Se molestan en seleccionar sus residuos, para reciclar los que tienen potencial energético (como los plásticos) y pueden ser reutilizados para evitar gasto de recursos? ¿Han reemplazado sus bombillas eléctricas de incandescencia, voraces en energía, por bombillas de bajo consumo? Si todavía no lo han hecho, deberían hacerlo. La revista *New Scientist* escribía lo siguiente en marzo de 2007:

Los gobiernos occidentales quieren deshacerse de la vieja bombilla eléctrica porque gasta una enorme cantidad de energía. El primero en declararle la guerra fue el estado de California: el 31 de enero descubrió su: “¿Cuántos legisladores necesitamos para cambiar una bombilla eléctrica?” que, si se votara, prohibiría las bombillas clásicas a partir del 2012. Tres semanas más tarde, Australia anunció un plan similar. Y este mes, el Gobierno del Reino Unido prometió eliminarlas de aquí a 2011¹⁸⁴.

Desde luego, mucha gente tiene objeciones estéticas ante las bombillas de bajo consumo. Pero las nuevas bombillas LED (fabricadas casi de plástico) han surgido para ampliar la gama de las alternativas a la vieja bombilla de incandescencia, que ya tiene 100 años.

¿Qué han intentado, de verdad, para que su vivienda sea lo más eficaz posible en ahorro de energía? En “*Heat...*”, George Monbiot observa lo siguiente sobre la eficiencia energética en Inglaterra, comparada el resto de Europa:

Las casas que cumplen los códigos de construcción en Noruega y en Suecia consumen una cuarta parte de la energía que necesitan las que en Inglaterra y País de Gales acatan sus normas. En realidad, las reglas de construcción en Suecia ya eran más drásticas en 1978 que las actuales de Inglaterra. En Alemania, la norma de aislamiento –que determina el índice de pérdida aceptable para una casa– es tres veces más restrictiva que la similar de Inglaterra. La “Passivhaus” (casa “pasiva” con cero emisiones de carbono) fue desarrollada por primera vez en Alemania a finales de los años 80.

No hay nada mágico en esas construcciones, que presentan poca tecnología innovadora. Los constructores sólo tienen que asegurarse de que la casa –la parte que protege de la intemperie– esté aislada lo mejor posible y no contenga “puentes térmicos”. Un puente térmico es un material que conduce fácilmente el calor del interior de la casa hacia fuera. En todos esos lugares –incluso en las uniones de las paredes con el

suelo o el techo– el contacto con la intemperie exterior puede interrumpirse con material aislante.

Los Gobiernos están, desde luego, reaccionando rápidamente para legislar sobre las medidas de ahorro de energía en las nuevas construcciones, y en Alemania los legisladores ponen a punto un “Pasaporte de Energía”¹⁸⁵ que garantizará la eficacia energética de las casas privadas. En Gran Bretaña el Gobierno introdujo los “Packs de Información sobre la Casa”¹⁸⁶, para que los vendedores efectúen, obligatoriamente, una auditoría de eficiencia energética de sus casas en beneficio de los potenciales compradores.

Pero las legislaciones y las buenas intenciones no bastan. En “*Heat...*”, George Monbiot cita la: “*Energy Savings Trust and Energy Efficiency Partnership for Homes*”, que declara que una gran parte de las nuevas construcciones en Gran Bretaña no cubre el pliego de condiciones energéticas requerido por la ley:

Un estudio realizado por el *Building Research establishment* (Comité de Investigaciones sobre la Construcción) mostró que el 43% de las nuevas construcciones examinadas, y que recibieron el certificado de conformidad a normas, habría tenido que ser rechazado.

El profesor David Strong, jefe del *Building Research Establishment*, observa que muchas casas tienen el material aislante requerido, pero está en el sótano, intacto, porque no fue desembalado; los constructores, sabiendo que nadie lo iba a verificar, ni se molestaron en desempaquetarlos¹⁸⁷.

Una de las razones para ello es que el Gobierno permitió que los constructores obtuvieran los certificados en empresas privadas¹⁸⁸.

Independientemente, *The New Scientist*, llega a conclusiones similares y confirma esas alegaciones:

El año pasado, cuando el *Building Research Establishment* del Reino Unido inspeccionó 99 nuevas casas para ver hasta qué punto eran, o no, conformes al pliego de condiciones, los inspectores encontraron que una tercera parte no cumplía con las obligaciones de aislamiento calorífico. Un defecto común eran las perforaciones para la fontanería que atravesaba las paredes. Los propietarios que quieran verificar si el material aislante está instalado de modo correcto pueden utilizar cámaras de imagen térmica para descubrir las áreas con pérdida de calor¹⁸⁹.

Los plásticos tienen un inmenso papel que desempeñar en la mejora del ahorro de energía en las nuevas construcciones y en la renovación de edificios antiguos. Materiales aislantes (puentes y barreras térmicos) de plásticos, materiales de construcción también de plásticos e incluso los polímeros que sustituyen al vidrio, ofrecen enormes posibilidades para el ahorro de energía.

¿Qué más tendríamos que hacer si quisiéramos evitar la peor evolución del cambio climático hacia el 2030, por el cual empecé este capítulo? Lord Robert May, socio del Merton College en Oxford y antiguo Jefe Consejero Científico para el Gobierno Británico (y, quizá, el más distingui-

do científico británico) lo explicó muy claramente en *The Times Literary Supplement*, del 4 de abril de 2007. Tras haber subrayado el colapso del mercado de los vehículos 4x4 en el Reino Unido, dio los siguientes consejos, con cuya mayoría coincido:

¿Por qué acciones tenemos que empezar? Una cosa está clara: la magnitud del problema es tal que no existe una respuesta única. Nuestras posibilidades de acción pueden ser divididas en cuatro categorías.

Primero, podemos adaptarnos al cambio: parar la construcción en zonas de inundación; empezar a pensar que, más deliberadamente, tenemos que proteger las costas y las tierras de las inundaciones, reconociendo que algunas zonas de viviendas tienen que ser abandonadas.

Segundo, podemos reducir el consumo innecesario en casa, en el mercado y en el lugar de trabajo: ya podemos diseñar casas que consuman menos de la mitad de energía que el promedio actual, sin reducir, por ello, significativamente, el nivel de vida.

Tercero, y necesario a medio plazo mientras seguimos quemando carburantes fósiles, podríamos capturar el máximo posible de dióxido de carbono, directamente de la fuente, y encarcelarlo (enterrándolo bajo tierra o en el fondo de los mares).

Cuarto, podríamos ir más rápidamente hacia energías renovables que no suelten gases de efecto inver-

nadero a la atmósfera: esto incluye energías geotermales, viento, olas, energía solar (a partir de aparatos basados en la física o la biología), fisión nuclear (que genera, actualmente, el 7% de la energía mundial, y que, a pesar de los problemas planteados, desempeñará un papel importante a medio plazo), fusión nuclear (una opción realista a largo plazo), y biomasa (si el dióxido de carbono emitido es el extraído del carburante). Algunas de estas energías renovables ya se utilizan, otras son más futuristas.

Finalmente, tenemos que evolucionar no sólo culturalmente sino también en todo lo que constituye nuestro proceder cotidiano. En ese sentido, el colapso de las ventas de SUV en el Reino Unido, es, quizá, alentador¹⁹⁰.

Aunque el Reino Unido emite sólo el 2% del dióxido de carbono mundial, los políticos británicos están liderando el camino de la legislación para impedir que el cambio climático llegue a ser demasiado grave. Tras la campaña llevada a cabo por *Friends of the Earth* durante dos años, “*The Big Ask*”^{*191}, el Gobierno británico anunció una nueva ley sobre el cambio climático (*Climate Change Bill*) en noviembre de 2006, y en marzo de 2007 publicó un primer borrador de lo que cubrirá la legislación. El anuncio era el siguiente:

Se ha publicado hoy (13 de marzo de 2007) el plan del Gobierno para luchar contra el cambio climático.

* NdT: “La grande cuestión”.

El borrador de *Climate Change Bill*, la primera ley de este tipo en el mundo, y la estrategia que la acompaña, establecen el marco para implantar en el Reino Unido una economía que emita poco CO₂. Demuestra el liderazgo del Reino Unido, mientras, a nivel global, se sigue avanzando hacia un acuerdo post-Kioto sobre las emisiones¹⁹².

El Tyndall Centre emitió una elaborada respuesta poco tiempo después de que el borrador de ley se declarara públicamente. Los analistas del Tyndall Centre lo criticaron por no haber integrado a la aviación y al transporte marítimo; avisaron que esta legislación podría alcanzar un objetivo contrario al pretendido: en lugar de impedir los previsibles daños debidos a los peores efectos del cambio climático, la falsa lógica de las propuestas provocaría un incremento considerable del calentamiento global, aún más allá de la previsión del IPCC.

Dos meses después de la publicación de la ley, Mike Childs, Jefe de Campañas de *Friends of the Earth* (y asesor de este capítulo del informe) se refería a las críticas a la ley por tres comités parlamentarios, diciendo:

Hay que reforzar el *Climate Change Bill*. Es la conclusión evidente del informe común, dado por los socios de la Cámara de los Comunes y de la Cámara de los Loes. Gordon Brown dispone ahora de una oportunidad de oro para probar su voluntad ecológica. El Gobierno tiene que escuchar; tiene que incluir el transporte aéreo internacional en los objetivos de reducción de emisiones de gase de efecto invernade-

ro y tiene que decidir un objetivo superior para reducir las emisiones, basado en las últimas evidencias científicas¹⁹³.

El 4 de mayo de 2007, el IPCC publicaba su cuarto informe (el último por el momento, ya que el próximo está previsto para dentro de seis años) sobre el cambio climático: “*The Mitigation of Climate Change*”¹⁹⁴. Este documento especificaba cómo la comunidad mundial puede combatir el cambio climático.

He aquí el comentario que hizo *The Economist*:

Algunas emisiones de gas de efecto invernadero, como subraya el IPCC, pueden reducirse sin incremento del coste, adoptando medidas directas como la mejora del aislamiento, o desechando, definitivamente, las energéticamente voraces bombillas de incandescencia. Tales medidas permitirían que tanto los individuos como las sociedades comerciales ahorran y evitan una gran dosis de emisión de carbono en el planeta. Por el momento, nadie quiere hacer nada, porque las facturas de la electricidad no son bastante disuasorias, pero los Gobiernos podrían intervenir. La Comisión Europea, por ejemplo, prevé prohibir las bombillas de incandescencia de aquí a 2 años. Tales medidas podrían marcar la diferencia, dado que el alumbrado representa el 17% del consumo de la energía global.

* NdT: “La disminución del impacto del cambio climático”.

En otras áreas, las tecnologías bajas en carbono serían más caras que las convencionales, aunque no necesariamente exorbitantes. Para la electricidad (la fuente más pesada de contaminación), por ejemplo, el coste de las energías solar y eólica bajó mucho durante el último par de décadas, para llegar a que, en sitios favorables, puede competir, en coste, con formas más convencionales de obtención de energía. Y, aún mejor, los costos deberían disminuir. Las turbinas de viento seguirán aumentando y la tecnología de película fina debería bajar el coste de producción de los paneles solares¹⁹⁵.

Los plásticos y el medio ambiente

Los materiales plásticos desempeñan un papel importante en el desarrollo del comercio sostenible; como ejemplos: el ahorro de carburante por los aviones y automóviles gracias a un menor peso, el ahorro fiscal energético por el uso de material aislante, la protección de alimentos gracias a los films anti-contaminación que conservan su contenido dos y hasta tres veces más tiempo. Sin embargo, la imagen de los productos de plásticos ante los consumidores queda empañada, porque se tiran descuidadamente en cualquier parte, sin pensar.

El mayor problema de los residuos de plásticos proviene de la longevidad extrema de los materiales. Aunque sea una ventaja para la vida del producto, la falta de conciencia medioambiental de los consumidores contribuye a su mala reputación. El bajo coste por unidad de la mayoría de los

objetos de plástico de uso común hace pensar, sin razón, a los consumidores, que esos materiales no valen mucho y por eso la gente se deshace de ellos de modo tan irresponsable.

El descuidado abandono de bolsas, botellas y envases de plásticos ensucia el mundo. Es un problema importante cuya responsabilidad recae en la falta de respeto de los consumidores, pero la industria de plásticos ha afrontado, seriamente, su responsabilidad, y busca, afanosamente, caminos para reducir tal alteración medioambiental.

La presencia de los materiales plásticos en los vertederos es la mayor preocupación de sus detractores. La mayoría de los plásticos necesitan mucho tiempo para degradarse en tales condiciones (usualmente unos cientos de años) e incluso los clasificados por algunos fabricantes como “biodegradables” (u “oxodegradables”) pueden no deteriorarse si no reciben los efectos del sol y/o del agua. La industria de plásticos cree que sus materiales deberían ser, hasta donde sea posible, utilizados de nuevo, o reciclados, y, si no es posible, quemados para aprovechar la energía que contienen.

Otro problema importante causado por el abandono de los plásticos es la contaminación de los océanos y de las playas en el mundo. La falta de cuidado y, a veces, la negligencia criminal, han llevado a la dispersión generalizada de fragmentos microscópicos en el medio ambiente marino. En 2004, investigadores de las Universidades de Plymouth y de Southampton contaban:

Un equipo de expertos ha demostrado, con sus investigaciones –por primera vez– que los océanos y

las costas están contaminados con partículas y fibras microscópicas de plásticos.

Ocho científicos de las Universidades de Plymouth y de Southampton y de la *Sir Hardy Foundation for Ocean Science* publicaron hoy, en la prestigiosa revista internacional *Science*, un documento que detalla sus investigaciones.

Los resultados del proyecto patrocinado por el Leverhulme Trust muestran que los océanos y las costas están contaminados por fragmentos microscópicos de plásticos. Además, grandes objetos de plásticos, acumulados en los océanos y sobre las playas, dañan a la fauna acuática, incluso a las tortugas, los peces, las aves del mar y los mamíferos marinos¹⁹⁶.

Por todo el planeta, se están esforzando para resolver el problema. El océano Pacífico está particularmente contaminado y en California se empieza a actuar. *The Record*, periódico de Orange County, California del Sur, publicó lo siguiente en febrero de 2007:

Los expertos en fauna salvaje explican que las autoridades y las industrias de plásticos están poniendo este mes un énfasis especial en evitar la invasión de perlas de poliestireno en el medio ambiente. El *California Ocean Protection Council* votó una resolución para que los fabricantes cuidaran más esas esferillas; y se ha propuesto, dentro de esta Legislatura, una ley para que se controlen, de modo más estricto, las actividades que usan esas perlas con negligencia.

Estas diminutas bolas solo representan uno de los aspectos del problema planteado por los plásticos. A escala mundial, estos materiales representan entre el 60% y el 80% de los residuos marinos. En algunas partes del océano Pacífico, los investigadores encontraron hasta seis veces más plásticos flotantes que plancton, los micro-organismos que constituyen la comida de una gran parte de las criaturas acuáticas¹⁹⁷.

Tienen que reducirse, o, mejor dicho, eliminarse, estos problemas, de aquí a 2030. La propia industria de plásticos trabaja globalmente para arreglarlos. *Operation Clean Sweep*^{*198}, es una iniciativa americana para limpiar los océanos. Sostenida por ecologistas, como Jean-Michel Cousteau, la *Operación Clean Sweep* propone informar a las sociedades productoras de plásticos y proporcionarles herramientas, para ayudarles a eliminar la diseminación de estas perlas de poliestireno -del medio ambiente.

Las soluciones, a gran escala, para el problema de los residuos de plásticos son: una mayor reutilización de los objetos; su reciclaje y su utilización para generar energía; el uso de nuevos tipos de plásticos totalmente biodegradables; la re-educación de los detallistas y de los consumidores para que asuman las ventajas de recolectar los envases de plásticos; y, por fin, el fomento de nuevos comportamientos entre los consumidores. De aquí a 2030 deberíamos lograr vivir generando casi “cero residuos”. Eso nos ayudaría a empezar a considerar los residuos como, simplemente, un error de diseño.

* NdT: “Operación de escobazo”.

Reciclar los plásticos es una manera excelente de iniciar nuestro camino por la vía de un medio ambiente limpio. Reciclar los plásticos crea nuevos productos que necesitan hasta un 70% menos de energía para su fabricación (el dato correspondiente al aluminio es el 95%, al vidrio el 30%, y al papel el 40%).¹⁹⁹. El reciclado reduce también las emisiones de contaminantes que provocan nieblas, lluvia ácida y polución de los ríos.

Una especificidad importante de los plásticos es que la energía base del polímero (un carburante fósil) del que proceden se conserva, prácticamente, en el producto terminado. Así, una silla de plástico, un embalaje de aparatos electrónicos o una bolsa comercial conservan gran parte de la energía constitutiva del material original. Aunque los procesos petroquímicos sólo utilizan el 3,4% del petróleo consumido en los Estados Unidos, el valor añadido por la industria de plásticos al precio del crudo del sector se calcula en 375 mil millones de dólares, mientras que el sector de carburantes para los transportes (el 70,6% del petróleo refinado y usado por los Estados Unidos) representa poco más de 385 mil millones de dólares²⁰⁰.

Los profesionales sostienen que la energía contenida en los plásticos sólo está “prestada” durante la vida del producto, y puede ser recuperada en su mayor parte. Los productos de plásticos pueden quemarse para producir calor (o sea, energía eléctrica) y si se quemaran en un incinerador en el que se ‘encarcelaran’ las emisiones de carbono, la energía recuperada estaría prácticamente desprovista de emisiones de carbono. En la actualidad funcionan solamente proyectos piloto para la neutralización de las emisiones de carbono

durante la incineración de los plásticos. *Friends of the Earth* sostiene que hay que depositar los residuos de plásticos en los grandes basureros para asegurar la retención de CO₂ (aunque ese proceso para las basuras es controvertido en la Comisión Europea) y la organización argumenta, entonces, que prefiere la reutilización y el reciclaje como mejor solución. Ciertamente, una vez reciclados, algunos residuos de plásticos pueden producir nuevos productos sin requerir carburante adicional.

En teoría, la mayor parte de los plásticos puede reciclarse, pero las fuerzas del mercado de hoy sostienen que es más barato desechar ciertos tipos de residuos que reciclarlos. Desgraciadamente, sólo están extendidos los sistemas de reciclado de dos tipos de plásticos²⁰¹ –el polietilentereftalato (PET) y el polietileno de alta densidad (PEad)ⁱ. Es una de las razones de la selectividad de los programas de reciclaje en la mayoría de los países.

Como *The Economist* contaba en junio de 2007:

Los plásticos, que se fabrican a partir de carburantes fósiles, son algo diferentes. Dotados de muchas propiedades útiles –flexibles, ligeros y convertibles bajo cualquier forma– se presentan en muchos tipos distintos, cada uno de los cuales requiere un tratamiento independiente. En 2005, la recuperación de plásticos procedentes de los residuos, en Estados Unidos, no llegó al 6%. Y, dentro de ese pequeño porcentaje, solos dos tipos fueron reciclados en cantidades signi-

ⁱ También es posible reciclar otros tipos de plásticos como el PVC o el EPS, pero el escaso interés actual de la industria por ese reciclado ofrece pocas opciones para estos materiales.

ficativas: el PET y el PEad. Para el PET existe el reciclaje botella a botella. Pero a menudo se “descicla”, transformándose en otros productos, como leña (en lugar de la de madera), tubos de fontanería y fibras para alfombrado, que, a su vez, acaban yendo a la basura o incinerados, al final de su ciclo de vida.

Sin embargo, los plásticos están siendo utilizados, más y más, no sólo como envases, sino también como bienes de consumo, en los coches, los televisores y los ordenadores. Y como tales productos se fabrican a partir de tipos de plásticos múltiples, de metales (algunos de ellos tóxicos) y de vidrio, es especialmente difícil y costoso dismantelarlos y reciclarlos²⁰².

Esta situación va a cambiar con el aumento del precio de la energía (a menos que una tecnología nueva, “comodín”, surja y produzca energía barata), con la voluntad de los legisladores de hacer leyes más duras para proteger el medio ambiente y con los consumidores mucho mejor informados sobre el coste de su existencia al medio ambiente del mundo.

Alemania, Escandinavia, Austria y Bélgica son precursores, desde hace mucho tiempo, del reciclaje en general, y, en particular, del de los plásticos, y de la recuperación de energía. La combinación de una estricta legislación con la educación de la población ha aumentado la tasa de recuperación en estos países en más del 80%. Mientras tanto, los habitantes de países como Grecia y el Reino Unido siguen comportándose de forma irresponsable, con una evolución histórica del reciclado de menos del 10% de sus residuos potencialmente reciclables. Sin embargo, esta situación está cambiando rápidamente.

En marzo de 2007, el *International Herald Tribune* publicaba un informe sobre el reciclado en Europa; y no era un estudio exhaustivo, la tendencia encontrada parecía alentadora. En París, los plásticos que no se reciclan son quemados para calentar las viviendas, y los que pueden reciclarse se procesan localmente.

En Londres se constata una prometedora tendencia al reciclado (su nivel actual es muy bajo), mientras que en Suecia el reciclado es obligatorio y está subvencionado por la industria y por el consumidor.

Italia también ha legislado para hacer el reciclado obligatorio. En Milán, se reciclan muchos plásticos para producir piezas en la industria local del automóvil. Y en Alemania, dónde pagan un depósito para las botellas de plásticos, su devolución es una obligación legal; el compromiso con el reciclado tiene a los ciudadanos muy concienciados:

Los alemanes seleccionan sus residuos con una responsabilidad y una convicción que suelen sorprender a los nuevos habitantes. Hay recipientes para el papel, para el compost y para los desechos en general. Hay tres recipientes para el vidrio –transparente, verde y ámbar– y un recipiente amarillo para los plásticos, los metales y los envases. Puede llegar a haber hasta siete recipientes en los patios de los hogares alemanes.

Los habitantes de Berlín, dónde pagan consigna para las botellas de plástico, pueden devolverlas en la tienda donde las compraron reclamando el reembolso –una opción elegida por la mayoría.

En Irlanda, los habitantes son tan responsables con el reciclado que la nación alcanzó su objetivo antes de que terminara el plazo. En 2005, Irlanda recicló el 60% de sus residuos de envases²⁰⁴, alcanzando con seis años de antelación la cuota fijada por la Unión Europea para 2011.

Uno de los problemas de la economía del reciclado de plásticos ha sido el que no se considerasen “limpios” los envases de alimentos y botellas, recuperados, para su re-utilización como tales. Los plásticos recuperados han sido usados para productos tales como vestidos (véase la lana a partir de plásticos reciclados en Marks&Spencer)²⁰⁵ y materiales de aislamiento. El problema es que esos tipos de plástico ofrecen menos beneficios a los recicladores que los que pueden servir para envases alimentarios. Pero, como explicaba la revista *New Scientist* en mayo de 2007:

Una nueva generación de plantas de reciclado de plásticos promete cambiar todo. Esas plantas usarán tecnologías que reducen, o incluso eliminan, la necesidad de agua, y producen plásticos bastante limpios para envases de alimentos a un coste más bajo que el de las tecnologías existentes. Si tuvieran éxito, tales fábricas deberían aumentar significativamente el número de botellas recicladas en los Estados Unidos y Europa cada año.²⁰⁶

El artículo de la revista sigue explicando que las perspectivas económicas de los plásticos reciclados nunca fueron tan favorables:

El alto precio del petróleo acelera la demanda de plásticos reciclados, superando la oferta, aunque sin

conseguir la construcción de nuevas planta lo suficientemente deprisa. Dice Patty Moore de *Moore Recycling Associates* en Sonoma, California. “En este momento tenemos una situación muy favorable para la expansión del reciclado. El medio ambiente ha cambiado desde que apenas daba beneficios. Hoy la gente empieza a decir: ‘Vaya, podríamos ganar algún dinero con esto’”.²⁰⁷

En Inglaterra, ha arrancado ya el proceso de reciclado de los envases de plásticos para alimentos, en nuevos envases. En marzo de 2007, *Recycling Today* contaba:

El primer intento comercial coronado con éxito llegó este mes con botellas de leche de plástico de PEad reciclado, usando por primera vez en el mundo una tecnología completada este mes.

El experimento incluía la fabricación de 60.000 botellas de leche, recicladas, para, a continuación, llevarlas al mercado; es la culminación de un proyecto que ha durado tres años. WRAP inició y subvencionó el proyecto, con el objetivo de desarrollar un proceso de reciclado capaz de producir polietileno compatible con los alimentos a partir de botellas de leche. Nampak Plastics, Dairy Crest, el Fraunhofer Institute, Sorema, Erema y Nextek lo desarrollaron.²⁰⁸

Los envases de todas clases (muchos de plásticos) generan inquietud en los ecologistas. Pero es difícil vivir en el mundo moderno sin comprar productos envasados, con la evidencia, además, de que una gran parte de esos envases es

tremendamente útil (protegen los alimentos, las medicinas, etc., de la contaminación y aumentan la duración de su vida). En los países menos desarrollados, hasta el 50% de los alimentos se pierde entre su producción y su venta, por falta de esa protección.²⁰⁹

Sin embargo, en otras formas de envasado (de perfumes, cosméticos, etc.) hay, a veces, tratamientos posteriores que habría que regular. Ciertas formas de envase son totalmente inútiles (como los cocos empaquetados) pero tales ejemplos constituyen una pequeña minoría en el mercado. Dado que la producción de envases representa el 40% de la industria de plásticos en la Europa global, deben usarse con cuidado y responsabilidad.

En *New Scientist*, en abril de 2007, Jessica Marshall escribía la industria del envasado:

Uno de los factores de la explosión del envasado radica en el hecho de que los productos se fabrican, masivamente, en una parte del globo para, luego, viajar para ser vendidos en otra parte del mundo. Los productos necesitan permanecer en cajas, cubiertos y envasados, para poder ser desplazados desde la granja, o fábrica, intactos, hasta casa del consumidor. Si el impacto medioambiental de la producción de los elementos susceptibles de pudrirse por el camino fuera más importante que el de los envases que los

^j La asociación británica de productores de pepinos divulgó, de sus investigaciones, que mientras un pepino envasado pierde, en dos semanas, sólo el 1,5% de su agua, otro, sin envasar pierde hasta el 15%.

protegen entonces la envoltura tiene un claro sentido medioambiental.²¹⁰

Y, como la Sra. Marshall revela, no hay una respuesta sencilla a la pregunta de cual es el tipo de envase más conveniente para un uso específico (aunque los plásticos siguen pareciendo los mejores en general):

El plástico es un material ligero que requiere relativamente poca energía, pero no es renovable, ni biodegradable, y solo ciertas formas pueden ser fácilmente recicladas. La fabricación del vidrio, e incluso su reciclado, precisan mucha energía. Los envases de vidrio pesan también más que los de plástico, y su transporte consume más carburante, pero con el aspecto positivo de que se recambian y se reutilizan fácilmente. Sin embargo los envases de vidrio son voluminosos para su transporte, y precisan productos químicos dañinos para el medio ambiente en su fabricación. El comportamiento medioambiental del aluminio depende mucho de su reciclado: necesita mucha energía para su fabricación, pero cuando se recicla presenta un impacto medioambiental significativamente más bajo. El acero absorbe menos energía en su producción, pero pesa mucho.²¹¹

Las bolsas comerciales de plástico son otro motivo de inquietud para los ecologistas; pero es fácil entender por qué. Baratas, ligeras y durables, esas mismas cualidades se convierten en defectos cuando se usan de modo irresponsable. Algunos países han prohibido las bolsas comerciales de plástico, otros las han puesto bajo tasa y en otros ciertas em-

presas se las han arreglado para producir bolsas duraderas y reutilizables.

Sin embargo, no estando claro que las bolsas de plásticos sean malas en sí mismas, sí lo está que lo malo es usarlas de forma irresponsable. En 1990, el *American Institute for Life-cycle Environmental Protection* preparó un informe en el que examinaba el impacto medioambiental de las bolsas de plástico y de papel. El informe establecía:

Al tener menos masa que las de papel, las bolsas de plásticos producen menos residuos sólidos. Con el ritmo actual de reciclado, dos bolsas de plástico producen 14 gramos de residuos sólidos mientras que una de papel llega a los 50 gramos. Dos bolsas de plástico producen un 72% menos de residuos sólidos que su equivalente en papel. Como el ritmo de reciclado crece, los residuos post-consumo decrecen proporcionalmente; así, si se recicla un 25% más de bolsas, los residuos sólidos decrecen el 25%. Cada bolsa reciclada evita contribuir a las basuras post-consumo. Sin embargo, cuando el ciclo de reciclado aumenta, el grado de residuos pre-consumo aumenta para el plástico y disminuye para el papel. No obstante, como el papel crea más residuos sólidos, dos bolsas de plástico nunca superarán la tercera parte de los residuos sólidos producidos por una bolsa de papel.²¹²

El uso de plásticos biodegradables para hacer bolsas comerciales puede suponer una vía alternativa y la web de servicios y ventas de plásticos americanos Plastemart.com hace la siguiente observación:

Desde la perspectiva del Ciclo de Vida, los polímeros biodegradables ofrecen potencial para mantener sus residuos lejos de los basureros, donde el 80% de los residuos de plásticos acaba ahora, permitiendo una recuperación completa tanto de la energía como del material, que pueden ser, posteriormente, reciclados, a través de estiércol y de plantas, cerrando así el ciclo del carbono.

Una investigación europea indica que los polímeros con base en el almidón ofrecen ahorros de energía y de emisión: entre 20 y 40 Gigajulios y entre 0,8 y 3,2 Tm de CO₂, por tonelada de plástico, en comparación con una tonelada de polietileno derivado de combustible fósil. Para las alternativas de plásticos con base en semillas de aceite, en las emisiones de gas de efecto invernadero el ahorro, en equivalente a CO₂, se ha estimado en 1,5 Tm por tonelada de polirol obtenido de aceite de colza.

A pesar de ese optimismo, por el momento, los carburantes biológicos no se pueden producir más que a una escala que puede atender sólo a una fracción menor del mercado (por culpa de las consideraciones medioambientales) y tenemos, de hecho, que concentrarnos en la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía para conservar nuestros recursos.

Parece claro que, vistas las mejoras de las opciones del reciclado que intervendrán en los veinticinco próximos años, todos tenemos que trabajar para alcanzar el “cero residuos”. Como ocurre a menudo, cuando se trata de una buena idea, el concepto de “cero residuos” no es nuevo. Ya fue desarro-

llado, en 1971, por el biólogo y antiguo aspirante a la presidencia americana Barry Commoner en su profundo libro, *The Closing Circle*:

De repente hemos descubierto lo que hubiéramos tenido que saber hace mucho tiempo: que la ecoesfera sostiene a la gente y aguanta todas sus acciones; que todo lo que no entra naturalmente en la ecoesfera representa una amenaza para sus equilibrados ciclos; que los residuos no sólo son molestos y tóxicos sino que, más explícitamente, nuestro comportamiento conduce a la ecoesfera a su final.²¹³

Treinta y seis años más tarde, las ciudades y las empresas intentan realizar lo que oportunamente se ha llamado 'la visión del Commoner'. Como decía la CNN, en enero de 2007:

Wal-Mart y la ciudad de San Francisco no tienen muchas cosas en común, salvo que ambos trabajan para alcanzar el nivel de cero residuos.

No son los únicos. La región australiana de Canberra, una tercera parte de los gobiernos locales de Nueva Zelanda, las ciudades de Oakland y de Berkeley, un montón de pequeños pueblos en California, y Carrboro, en N.C., han hecho, todos, votos por alcanzar el nivel de cero residuos.

¿Pero qué es ese nivel de cero residuos? Es, concretamente, que podemos crear, producir, consumir y reciclar los productos, sin desperdiciar nada. Es la idea

de que la industria debe imitar a la naturaleza, con el fin de que, como dice el escritor Joel Makower, “los residuos de una especie sean la despensa de otra”.²¹⁴

De aquí a 2030, todos habremos aprendido a conservar, a reciclar y a reutilizar. No tenemos elección. Con más de 8 mil millones de habitantes en el planeta, nuestros recursos, naturales o artificiales, habrán alcanzado casi su límite. Desde luego, aprenderemos a fabricar más de todo –es la capacidad sorprendente de la humanidad y sus tecnologías– pero la prodigalidad irresponsable que define hoy al mundo desarrollado habrá desaparecido para siempre. Se establecerá una forma nueva de consumo. Siempre tendremos nuestros bienes y nuestros servicios, pero sabremos cómo han llegado hasta nosotros y a dónde irán cuando acabemos con ellos. No ser responsables como consumidores, de aquí a 2030, se habrá vuelto un crimen moral. Y, quizá, un crimen legal.



Capítulo 3

El futuro de la energía



Asesor-Consultor:

Profesor I. M. Dharmadasa
Centre for Electronic Materials and Devices,
Materials and Engineering Research Institute
Sheffield Hallam University, UK



Pocas cosas en el mundo tienen más sentido político que la producción y el suministro de la energía. Sólo, quizá, la defensa nacional tenga más importancia para los gobiernos. Como cualquier individuo que consume cada día energía para sobrevivir, nuestras sociedades modernas *high-tech* hacen lo mismo. Los políticos saben que si hubiera una falta continuada de abastecimiento de energía, o un racionamiento de gasolina, a largo plazo, los ciudadanos saldrían a la calle.

En *Economie Hydrogène*, Jeremy Rifkin describe el papel social y político de la energía en duros términos:

Las sociedades se derrumban cuando el flujo de energía se acaba de repente. El volumen de energía disponible ya no es suficiente para abastecer a las crecientes poblaciones, para defender al Estado contra los intrusos y para mantener las infraestructuras internas. El hundimiento se caracteriza por una reducción de los excedentes de alimentos, una selección de los inventarios gubernamentales, una reducción de la energía consumida por persona, una falta de reparación de las infraestructuras cruciales como los sistemas de riego, las carreteras y los acueductos, una desconfianza creciente de la población ante el gobierno, carencias en el estado de derecho, derrum-

bamiento de la autoridad central, despoblación de las zonas urbanas y crecientes invasiones y pillajes –perpetrados por grupos de merodeadores o pandillas armadas.

Las naciones entran en guerra para asegurar sus recursos de energía a largo plazo, y en 2007 las sirenas de alarma empezaron a sonar en muchos países porque las evaluaciones subrayaban que la demanda mundial de energía iría aumentando de modo considerable desde ahora hasta 2030. Ahora bien, durante ese período, las reservas globales de petróleo se agotarán.

Los cálculos de nuestro consumo futuro de energía varían mucho pero, como mínimo, pensamos que el consumo mundial aumentará un 50%²¹⁵ de aquí a 2030, y la máxima previsión es de un aumento del 100%²¹⁶. Estas bonitas y redondas cifras indican una “aproximación” de ciertas proyecciones e ilustran un problema grave: en una época en que tendremos que reducir nuestras emisiones de carbono a menos del 40%, de aquí a 2030 (y a menos del 60% de aquí a 2050), ¿cómo vamos a encontrar suficientes cantidades de energía para cubrir nuestra demanda creciente?

Ray Kurzweil, siempre optimista, ve la tecnología como un remedio radical a la crisis energética que se perfila:

De aquí a 2030, la medida precio-resultado de informática y consumo se multiplicará por un factor de entre diez y cien millones, en comparación con la de hoy. Otras tecnologías aumentarán también mucho en términos de capacidad y de eficacia. No

obstante, la demanda energética crecerá mucho más lentamente que las capacidades tecnológicas si se mejora la eficiencia de la energía. Uno de los primeros impactos de la revolución de la nanotecnología será que las tecnologías físicas, como la manufactura y la energía, serán gobernadas por la ley de la “ganancia acelerada”. Todas las tecnologías serán fundamentalmente de información, incluida la energía.

Se calcula que la demanda mundial de energía debería multiplicarse por dos de aquí a 2030, mucho menos que el crecimiento económico anticipado, sin mencionar el crecimiento esperado en cuanto a la capacidad tecnológica. La mayor parte de la energía excedente necesaria debería ser proporcionada por las nuevas nanotecnologías solares, eólicas y geotérmicas. Es importante reconocer que la mayor parte de las fuentes de energía de hoy representa la potencia solar bajo una forma u otra.

¿Kurzweil tendría razón? Yo creo que, en efecto, los nuevos desarrollos tecnológicos podrían reducir el consumo de energía de modo significativo y traer nuevas fuentes y formas, pero no hay que confiar en eso por el momento.

Ahora, por tanto, nos enfrentamos a un mundo dividido por la competición acerca del derecho a combustible fósil, a una economía global vulnerable, a los sobresaltos del mercado de la energía y a un mundo en que las naciones utilizan el abastecimiento energético (o lo niegan a los demás) como una arma política capaz de romper las resistencias.

Bajo el título “*US Ponders Move to Counter Aggressive Russian Maneuvers*”*, Erasiannet.org decía en marzo 2007:

Los políticos de Washington se apresuran a desarrollar una táctica para contrarrestar la acción agresiva de Rusia, que quiere consolidar la influencia del Kremlin sobre la energía de la Cuenca del Mar Caspio y las carreteras de exportación.

Durante el mes de marzo, cuatro importantes desarrollos energéticos euroasiáticos dieron el toque de alarma en Washington.

Primero, el primer-ministro de Hungría, Ferenc Gyurcsany, antiguo dirigente del partido comunista nacional, reveló el 12 marzo que su país mantendría el transporte de gas ruso en Europa, vía Turquía, en lugar de unirse a los demás países de la Unión Europea para proseguir el tan retrasado proyecto de gasoducto de Nabucco.

La carretera rusa usaría un oleoducto ya existente, conocido por Río Azul, que transporta gas entre Rusia y Turquía atravesando el Mar Negro²¹⁷.

La energía es un tema tan sensible para la economía que los gobiernos controlan su generación, su importación y su suministro a la industria, los comercios y los consumidores.

Las dos excepciones notables a los monopolios de energía nacionales o semi-nacionales son Gran Bretaña y, en me-

* NdT : “Los EEUU preparan una contraataque a las maniobras agresivas de Rusia”.

nor medida, los Estados Unidos. Gran Bretaña empezó a privatizar el suministro de energía en los años 80. Como el profesor Dieter Helm²¹⁸, economista en la Universidad de Oxford, explicaba en su libro, publicado en 2004, “*The Energy, the State and the Market: British Energy Policy since 1979*”:

La transformación de la política energética de Gran Bretaña a lo largo de las dos últimas décadas, fue más radical que ninguna otra evolución en el seno de las economías de los países desarrollados. Desde 1979, los grandes monopolios energéticos de Estado creados después de la Segunda Guerra Mundial fueron privatizados y sometidos a la competencia.

Se desmantelaron todos desde 1979, el *National Coal Board*, el *British Gas* y el *Central Electricity Generating Board*, (compañías británicas de carbón, de gas y de electricidad). El comercio energético, los grupos suministradores de electricidad, las subastas y las aperturas de los mercados futuros empezaron a desarrollarse, pero fracasaron en la resolución de los antiguos problemas de la política energética en lo que se refiere a seguridad de abastecimiento, integridad de la red, y nuevas problemáticas del medio ambiente y de dependencia del gas.

El gobierno introdujo un nuevo sistema de regulación como una necesidad temporal, pero esa regulación no solo no desapareció sino que creció hasta volverse permanente. Este cambio de propietario de las industrias no redujo la implicación del gobierno sino que sólo modificó su apariencia.

Como me comentó crudamente Mike Childs, Director de Campañas de *Friends of the Earth*: “La política energética es el fracaso más grande de las fuerzas del mercado de nuestra economía”.

Es un problema permanente. Según Dieter Helm, en 2007 el Gobierno británico corría peligro de no conseguir el desarrollo de una política energética adecuada para el futuro, hasta tal punto que “de aquí a 2030 amenaza a Inglaterra el tener que enfrentarse a una seria escasez de energía”.²¹⁹

Los Estados Unidos siguieron la vía abierta por Inglaterra y desde 1996 empezaron a quitar reglas y, en cierto grado, a privatizar, la producción y el suministro de la energía. Pero la industria internacional permanece controlada totalmente por los políticos que tienen sus propios intereses nacionales como su más alta prioridad. Menos del 4% de la electricidad producida en Europa está exportada a los países de la Unión Europea. Esa falta de flexibilidad en el mercado de la energía europea tiene graves consecuencias en la futura seguridad de abastecimiento, ya que sólo un mercado doméstico flexible y abierto –listo para importar y exportar energía en seguida– puede regular el caprichoso mercado internacional de la energía.

Y, sin embargo, a pesar de los beneficios evidentes de un mercado energético abierto y sin regulación en la Unión Europea, la Comisión lucha contra la oposición de los –gobiernos de los estados miembros. Como decía *The Economist* en abril de 2007:

La Comisión Europea urge a los socios de la Unión a desmantelar sus empresas de energía verticalmente

integradas, pero Francia y Alemania se resisten todavía. El problema, según la Comisión, es que los –gobiernos nacionales no entienden la relación entre liberalización y saludable seguridad energética. “Los nuevos estados miembros establecen la adecuación entre seguridad y nacionalismo. Pero la única alternativa a la integración es el aislamiento”, declara un alto responsable de la Unión Europea.²²⁰

La Comisión Europea también estudia cómo satisfacer una demanda energética altamente creciente mientras trata de reducir la emisión global de gases de efecto invernadero, en un 30%, de aquí a 2030. Los responsables de la energía en la Comisión están seguros de que será posible.

“Tenemos que educar al público sobre el ahorro energético y tenemos que reorganizar el sistema de suministro eléctrico dentro de Europa”, me dijo un alto responsable de la Comisión de la energía. “Hay que acercar las unidades de producción eléctrica a los lugares de consumo para reducir las pérdidas. Tenemos que concienciar a los consumidores del coste real de la energía.”²²¹

El desarrollo de energías renovables –en particular las eólicas, acuáticas, solares y biomasas– es otro objetivo prioritario de la Comunidad Europea.

Las energías renovables tienen que desempeñar un papel importante en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) –uno de los principales objetivos de la Comunidad. Incrementar la parte de energía renovable en el balance energético mejo-

ra la sostenibilidad. Contribuye también a mejorar la seguridad del suministro de energía, y a bajar la dependencia elevada de la Comunidad a las importaciones.

Se espera que las fuentes de energía renovable sean económicamente competitivas, en relación con las fuentes convencionales, a medio y largo plazo.²²²

Educación de los consumidores, pensamiento político y actitudes culturales son factores muy influyentes en nuestro modo de consumir la energía y en la cantidad de energía que consumimos. Con el 5% de la población mundial, los Estados Unidos consumen el 25% de la energía mundial. Europa tiene un consumo mucho más bajo, pero su nivel de vida es tan alto como el de los Estados Unidos.

En *The Extreme Future*, James Canton resume así la actitud cultural americana ante la energía:

La sociedad americana –al revés que la europea– tuvo mucha suerte al disponer de petróleo a coste muy bajo, lo que le dio una idea de abundancia que ocultaba la realidad de las menguadas reservas. Los europeos aceleraron la toma de conciencia general, gravando la gasolina, que les cuesta dos y hasta tres veces más que a los estadounidenses. Más del 85% de los compradores de vehículos nuevos en Europa tiene conciencia de la eficiencia del carburante. A menos del 15% de los americanos no le importa, porque vive en un mundo en que la gasolina es barata y no tiene por qué preocuparse por ella.

En relación con la seguridad futura de su abastecimiento de energía, América se encuentra ahora en una muy mala posición. El país es extremadamente dependiente de las importaciones de petróleo, y política y culturalmente dependiente de los bajos precios de la energía. Y tiene un pobre margen de seguridad sobre su abastecimiento futuro, lo que puede hacer que esta nación bien armada resulte aún más peligrosa para el resto del mundo dentro de unas décadas.

Ante la evidencia y la urgencia de actuar contra el cambio climático y contra la penuria de petróleo que se perfila, y teniendo en cuenta que el consumo de energía mundial debería multiplicarse por dos de aquí a 2030, los gobiernos del mundo entero están aceptando el reto de diversa manera y con grados de implicación muy distintos.

En la nubosa y templada Irlanda, el gobierno ha anunciado objetivos ambiciosos²²³ para nueva producción de energía a partir de fuentes renovables. Mientras tanto, la soleada Grecia está siendo criticada²²⁴ al no alcanzar los objetivos de energía renovable de la Unión Europea. Portugal, por otro lado, realiza mayores inversiones en fuentes de energía renovable y construye uno de los parques eólicos más importantes de Europa. En África, Kenia ejerce el liderazgo en la planificación de un futuro presupuesto energético basado en fuentes de energía renovable. Y se dice que China está mucho más concienciada de la necesidad de ir hacia fuentes de energía renovable de lo que se piensa en occidente. En septiembre de 2006, *The Birmingham Post* publicaba un artículo escrito por dos analistas de la política energética china:

El gobierno chino ha llevado a cabo una importante estrategia de energías renovables con el propósito de que la producción de electricidad a partir de fuentes de energía renovable sea tan rentable como la producción de carbón. En 2003, el consumo de energía renovable representaba sólo el 3% del consumo total de energía de China. La ley de los “Renovables” tiene como objetivo aumentar este promedio hasta el 10%, de aquí a 2020, lo que constituiría un aumento significativo, dado que el consumo global de energía de China está en constante y rápido ascenso.²²⁶

Y *The Economist*²²⁷, en junio de 2007, decía que la energía solar calienta casi el 80% del agua caliente en China —una estadística sorprendente.

En Europa del Este hay un gran potencial de energía renovable, pero, como decía *The International Herald Tribune* en marzo de 2007, por el momento sólo se recibe con frialdad la idea de alejarse de los combustibles fósiles:

Bulgaria, quemada por el sol, Polonia, ventosa, y Hungría, agrícola, tienen miles de megawatios de energía renovable que la Unión Europea desea usar para la lucha contra el calentamiento global.

Pero Europa del Este permanece dependiente de los combustibles fósiles, lo que plantea problemas entre los antiguos y los nuevos miembros de la Unión Europea, mientras la mayoría de países lanza un plan ambicioso para aumentar su producción de energía verde.

Alrededor del 94% de la electricidad de Polonia, rica en carbón, procede de centrales de carbón, una gran fuente de emisiones de carbono que contribuye al calentamiento global.

Pero, en Polonia, los dirigentes no quieren parar la producción de carbón, porque les ayuda a seguir independientes del petróleo y del gas rusos. Y con un índice de paro del 15% –el mayor de toda la Unión Europea– recortar las plantillas de empleados en una industria que cuenta con unas 200.000 personas podría ser un suicidio político.²²⁸

En este recorrido incompleto y bastante ecléctico de las actitudes y políticas energéticas alrededor del mundo, es interesante tomar nota de que Dinamarca produce ahora más del 20% de su energía a partir del parque eólico. De aquí a 2025, esta cifra superará el 50%. El Reino Unido produce actualmente el 3% de su energía con su parque eólico y los anunciados objetivos del –gobierno indican que esa cifra pasará al 10% de aquí a 2010, y al 15% de aquí a 2015.²²⁹

En Alemania, la energía renovable superaba el 4,6% del suministro de energía total en 2005, y su parte en el consumo total de electricidad suponía ya el 10,2%. En julio de 2007, el ministro alemán del medio ambiente, Sigmar Gabriel, anunció que de aquí a 2030 Alemania esperaba obtener el 45% de sus necesidades en energía de fuentes renovables.²³⁰

Por otro lado, Francia produce el 80% de su energía en sus centrales nucleares. Como decía *The Guardian* en marzo de 2007, eso crea dificultades en la Unión Europea:

La división de puntos de vista sobre la energía nuclear y las energías renovables amenazan hacer descarrilar la campaña de la Unión Europea que quiere encabezar la lucha contra el cambio climático durante la cumbre de primavera que empezó ayer por la noche.

Al indicar que “estamos más cerca de las doce y cinco que de las doce menos cinco” para adoptar medidas internacionales que luchen contra el calentamiento global, la canciller alemana Ángela Merkel –que preside la cumbre– pidió a los dirigentes de los países de la Unión Europea que “piensen en nuestros nietos”, haciendo que Europa sea la primera economía mundial con bajo índice de emisión de CO₂ gracias a una reducción, unilateral, del 20% de sus emisiones de gas de efecto invernadero de aquí a 2020.

Pero Francia, sostenida por varios países de Europa del Este, insistió para que la energía exenta de emisión carbónica se incluyese en la estrategia energética de la Unión Europea, y rechazó la propuesta de Ángela Merkel, que quería establecer el objetivo del 20% de energía renovable para los 27 miembros.²³¹

La energía nuclear

La energía nuclear es causa de extrema división de opiniones en el seno de grupos medioambientales y dentro de los propios gobiernos. Muchos ecologistas desarrollan campañas antinucleares mientras que otros ecologistas, tal como James

Lovelock, uno de los más conocidos, piden ahora a sus colegas medio-ambientalistas que rompan con la tradición y apoyen la energía nuclear, baja en emisión de carbono, para el bien del planeta. Parece que la moda favorece de nuevo a la energía nuclear, porque 31 nuevos reactores están ya en construcción por el mundo.²³²

Como deben haber entendido ya, al leer el principio de esta sección, la producción y el suministro de energía nuclear están vinculados por completo a lo político y es muy difícil conseguir informaciones de confianza sobre algo tan importante para una nación como sus reactores nucleares.

Si es cierto que la energía nuclear produce electricidad sin emisión de carbono, no se puede decir que el proceso carezca de impactos medio-ambientales. Los riesgos de accidente subsisten y deben encontrarse remedios seguros para los residuos. Este último problema permanece aún sin solución. Hoy, la mayoría de los residuos nucleares está almacenada, de un modo que creemos seguro, hasta que encontremos un sistema satisfactorio de tratamiento. Y, también es cierto que las reservas de uranio sobre el planeta pueden estar, tal vez, limitadas. Aunque no ha empezado ninguna exploración seria de nuevos yacimientos de uranio desde hace 20 años (porque la energía nuclear no ha sido bien vista), y si debe aparecer una nueva era nuclear, según las evaluaciones actuales, sólo habría bastante reserva de uranio para 60 o 70 años de producción de energía.

La cautela me impide aconsejar una producción nuclear adicional para ayudar a resolver los problemas del cambio climático, por tres razones.

La primera es que los consumidores no conocen el coste real de la electricidad producida por las centrales nucleares. Como tampoco saben todavía (por el momento) el costo de los daños que los carburantes fósiles causan al medio ambiente al producir energía (costo que aún no se refleja en el consumidor) y la unidad de electricidad producida por una central nuclear no está lo suficientemente gravada como para reflejar el enorme coste de la extracción minera y del refinado del combustible, ni el altísimo coste de la descontaminación de la central después de su cierre, o el permanente coste del almacenamiento de los residuos radioactivos. Todas estas cargas se imputan al ‘pagador de tasas’ (el contribuyente) durante un largo período (durante el cual los políticos, los –gobiernos y los funcionarios cambian, evitando así toda responsabilidad tanto individual como colectiva) sin que haya transparencia en el proceso. Por eso no sabemos si la energía nuclear es cara o no, comparada con otras formas de producción de electricidad.

Esta objeción alcanza a todos los –gobiernos del mundo. Y a la industria nuclear, que tiene gran interés en mantener opaca tal información. El profesor Dan Kammen de la Universidad de California, Berkeley, es co-autor de un informe titulado “*Weighing the Financial Risks of Nuclear Power Unknown*”^{*}:

“Por razones de seguridad energética y de emisiones de CO₂, la energía nuclear vuelve con fuerza a las agendas nacional e internacional”, declaraba el co-autor del estudio de Dan Kammen, profesor de recursos energéticos y de políticas públicas en la Universidad de California Berkeley. “Para evaluar el futuro de la

^{*} NdT : “La carga del riesgo financiero que representa la energía nuclear se desconoce”.

energía nuclear, es imprescindible entender lo que han representado los costos y los riesgos de esta tecnología. Hoy en día, es muy difícil conseguir cifras certificadas de las instancias que dirigen las centrales nucleares americanas”.²³³

La segunda es que merece más la pena proseguir con la vía de fuentes de energía renovable que con la energía nuclear, puesto que hay un problema de proliferación nuclear. Si las potencias nucleares siguen aumentando su producción de energía nuclear, no hay razones morales para declarar que otros países menos desarrollados, no deban hacerlo. En fin, que la proliferación de reactores nucleares en el mundo, lleva consigo la posibilidad de armamentos nucleares.

La tercera es que tendríamos que desanimar el desarrollo de la energía nuclear en lugar de alentarla, porque cuanto más centrales nucleares existan, más objetivos posibles hay para los terroristas nacionales e internacionales. Sabemos que vivimos en una época de gran peligro por ideologías terroristas internacionales, y el coste y la dificultad de protección de las instalaciones nucleares tienen que ser enormes –como lo sería el riesgo para la población si un ataque terrorista, un día, afectara a una central. Finalmente, me parece pertinente añadir que las centrales nucleares, en algunas partes del mundo, son también muy vulnerables por culpa de los terremotos y los tsunamis.

Sin embargo, abundan los desacuerdos sobre este tema. En el Reino Unido, incluso el periódico, liberal e ecologista, *The Observer* (publicación hermana de *The Guardian*) considerando lo que serán las posibles fuentes de energía por ve-

nir, publicaba, en mayo de 2007, un editorial titulado “*La energía nuclear es la única opción realista*”.²³⁴

Pero sigue desagradándome la extensión de la energía nuclear, por las razones expuestas y porque nuestra generación tiene la responsabilidad de crear un mundo apacible y seguro para las generaciones futuras. A pesar de la intención anunciada por los –gobiernos de los Estados Unidos y de Gran Bretaña, de extender su capacidad de producción de energía nuclear, el mundo de 2030 tendría más seguridad si los enormes presupuestos otorgados a esa extensión de la producción de la energía nuclear se emplearan en desarrollar formas de energía renovable y sostenible con mejores resultados energéticos. Como puntualiza *Friends of the Earth*:

Desgraciadamente las iniciativas británicas para la eficiencia energética han sido ignoradas hasta ahora en beneficio de costosas propuestas para un nuevo programa nuclear. Y eso a pesar de que los consejeros gubernamentales han dicho que sería más barato y más rápido reducir las emisiones procedentes de otras fuentes.

Al fin y al cabo, la elección de la energía nuclear (y sus implicaciones financieras desconocidas) es un remedio a corto plazo, potencialmente peligroso y socialmente egoísta, para la preocupante crisis energética que se perfila.

El futuro de los combustibles fósiles

Excepto la generada con origen nuclear, cada forma de energía en el mundo procede, directamente o no, del sol. La forma

más concentrada se origina en pequeños organismos celulares (plantas o animales) que necesitaban poco sol para vivir y que se hundieron bajo la superficie de la Tierra, y de los océanos, hace ya millones de años (produciendo petróleo, carbón y gas entre otras cosas). Los residuos comprimidos de aquellos organismos ricos en energía se llaman “combustibles fósiles”. Como eran muy fáciles de extraer y durante mucho tiempo no imaginamos los efectos que produciría sobre la atmósfera su contenido en carbono, los hemos quemado indiscriminadamente.

Hoy, los combustibles fósiles proporcionan casi el 80% de la energía mundial²³⁶ y la mayoría de los observadores piensa que de aquí a 2030 seguirán proporcionando la mayoría de esa energía mundial.

Por lo que se refiere a la emisión de carbono, la clasificación de “suciedad” de los combustibles fósiles, en orden ascendente, es: gas natural, petróleo y carbón. Las reservas de petróleo y de gas se reparten de modo muy desigual por el mundo. De momento, ese reparto da un poder económico y político inmenso a las naciones que poseen las más amplias reservas. El carbón, sin embargo, está un poco por todas partes del planeta y representa el antídoto, fácil y muy utilizado, al poder que tienen las naciones más ricas en petróleo y gas. Proporciona, en la actualidad, (según una estimación), el 24%²³⁷ de las necesidades energéticas mundiales. Por razones políticas, el carbón permanece como la energía predilecta de muchos –gobiernos, aunque sea a menudo el combustible que más contamina.

Los Estados Unidos prevén construir muchas más centrales eléctricas de carbón para intentar reducir su dependencia

de las importaciones de energía. *The Christian Science Monitor* decía en febrero 2004:

Después de 25 años en la lista negra de las fuentes de energía en Estados Unidos, el carbón vuelve a lo grande, impulsado por la demanda de electricidad a coste razonable y por la subida del coste de otros combustibles.

Al menos 94 centrales eléctricas de carbón –con capacidad de llevar energía a 62 millones de hogares americanos están previstas en 36 estados.²³⁸

El carbón también es una de las más importantes fuentes de energía para los países en vías de desarrollo. Casi el 70% de la electricidad india procede del carbón y esta cifra sube al 80% para China.²⁴⁰

Mientras redactaba este estudio, decepcionó a los ecologistas la noticia de que China se había colocado, inesperadamente, a la cabeza de los países más emisores de gases de efecto invernadero, mucho antes de la fecha anticipada para esa “promoción”. Bajo el título “China sustituye a los Estados Unidos como más grande emisor de CO₂ del mundo”, *The Guardian* comentaba, en junio de 2007:

Según la Netherlands Environmental Assessment Agency, la demanda creciente de carbón para producir electricidad y el aumento de la producción de cemento potenciaron que las emisiones registradas en China en 2006 le colocaran por delante de los Estados Unidos. Se dice que China produjo 6.200

millones de toneladas de CO₂ el año pasado, adelantando a los Estados Unidos, que emitieron 5.800 millones de toneladas. Inglaterra produjo unos 600 millones de toneladas.²⁴¹

El Instituto Mundial del Carbón asegura que el carbón proporciona el 40% de la electricidad mundial²⁴², pero a esta cifra se opone la del gobierno americano que pretende que la parte global del carbón sería del 24%, y esta diferencia explica la dificultad para conseguir informaciones de confianza sobre un tema tan políticamente sensible como la energía. Cualquiera que sea la cifra exacta, es cierto que el carbón sigue desempeñando un papel principal en la producción de electricidad.

¿Seguirá siendo, la producción eléctrica a partir del carbón, la fuente de emisiones de carbono como lo es hoy? En abril de 2007 el *Massachusetts Institute of Technology* publicaba un informe titulado “El futuro del Carbón”. Los autores del informe llegaban a las conclusiones siguientes:

Existen numerosas posibilidades para mejorar los resultados de las centrales de carbón, en un mundo asfixiado por las emisiones de carbono: mayor eficiencia en la producción, tal vez gracias a nuevos materiales; nuevos modos de abordar la gasificación, con captura del CO₂ y reparto del oxígeno; conceptos de sistemas avanzados, quizá guiados por una nueva generación de herramientas de simulación. Ante la urgencia científica, tendría que empezar inmediatamente un esfuerzo agresivo en investigación y desarrollo, porque el corto plazo significa interesantes beneficios.²⁴³

La captura y el “secuestro” del CO₂ (almacenaje positivo para el medio ambiente) serán un gran negocio de aquí a 2030. El gigante industrial Siemens pretende desempeñar un papel importante al aplicar esta tecnología a las centrales eléctricas de carbón. En marzo de 2007 publicó un comunicado de prensa titulado “El carbón se hace más limpio”:

Si todas las centrales eléctricas de carbón se mejoraran hoy aprovechando las últimas tecnologías, las emisiones de dióxido de carbono se reducirían en dos mil millones de toneladas cada año.

Siemens y EON están trabajando juntos en el proyecto de una nueva central eléctrica en Irsching, Baviera, que mostrará las nuevas normas de capacidad, ahorro y compatibilidad medioambiental. Con un objetivo de eficiencia del 60%, operando con un ciclo combinado (gas y vapor), Siemens busca establecer el récord mundial de centrales de ciclo combinado. Siemens está también trabajando sobre innovadores diseños de centrales eléctricas con un medioambientalmente compatible uso del carbón. Un ejemplo de la tecnología IGCC, o ciclo combinado de gasificación integrada.

Una central térmica IGCC es una unidad de ciclo combinado con una fábrica antes de la gasificación del carbón que produce gas sintético. Las centrales IGCC producen un 60% menos y un 80% menos, respectivamente, de dióxido de azufre y de óxido de nitrógeno, en comparación con las centrales eléctricas convencionales de carbón, más sofisticadas.²⁴⁴

Deshacerse del CO₂ inyectándolo en las capas rocosas presenta también un potencial importante de producción de energía limpia. Según el *New Scientist*:

Inyectar dióxido de carbono a través de rocas calientes puede, simultáneamente, generar energía y absorber los gases de efecto invernadero debidos a las centrales de combustibles fósiles, según un reciente estudio.

El dominio de la energía geotérmica requiere la extracción del calor de la tierra. Normalmente, significa inyectar agua por las capas calientes para luego extraerla. Pero los nuevos análisis sugieren que el dióxido de carbono podría extraer calor de las rocas de modo más eficaz que el agua.²⁴⁵

El petróleo es la segunda forma de combustible fósil más contaminante, pero como fuente de energía más utilizada en el mundo (el 40%)²⁴⁶, es el contribuyente mayor a las emisiones de carbono. Entre los tres combustibles fósiles, el petróleo parece ser el primero que se vaya a agotar. No lo hará por completo durante mucho tiempo todavía, pero escaseará y su coste aumentará hasta sólo ser usado como carburante para los transportes colectivos e individuales. El petróleo se reservará para los procesos y productos de alto valor.

Por decenas de años se ha escrito mucho sobre el futuro de los recursos de petróleo y, en julio de 2007, *The Financial Times*, tenebrosamente, decía:

El mundo se está enfrentando a un enrarecimiento del abastecimiento de petróleo que, de aquí a cinco

años, aumentará su precio a niveles record y hará crecer la dependencia occidental del petróleo del Cartel OPEC, según ha avisado la vigilancia de los países industrializados.

En este severo aviso, la International Energy Agency dijo: “Vamos a padecer una extrema escasez de petróleo dentro de 5 años”, y hay “perspectivas de penuria aún peores para los mercados de gas al final de la década”.²⁴⁷

Sin embargo, tan pronto como una autoridad sugiere que las reservas van a agotarse parece que se descubren nuevos yacimientos o nuevos métodos de extracción. Por ejemplo, el *New Times* decía con descaro en marzo de 2007:

¿Buscaremos una cresta de producción (¿2010?) para ver luego el abastecimiento hacerse intermitente e incierto? No.

Hay más petróleo disponible que lo previsto –el nuevo método de presión de vapor incrementa los índices de extracción en los campos existentes. Una parte del gas reinyectado es CO₂.

Los ingenieros de Chevron empezaron a inyectar vapor a alta presión para bombear más petróleo. El campo, cuya producción había bajado a 10.000 barriles/día desde los años 60, ha alcanzado ahora un ritmo diario de 85.000 barriles.

Sin embargo, el final de las reservas globales de petróleo (el año de la cresta de producción) llegará, con bastante certeza, cuando estemos en 2030. Mientras tanto, la demanda mundial de petróleo sigue subiendo, especialmente en los países en vías de desarrollo.

El problema del petróleo es que se gasta, mayoritariamente, para el transporte, y que no existe aún un medio práctico de extracción o de almacenaje de las emisiones de CO₂ producidas por los vehículos, problema al que no se ve remedio para el futuro. El porvenir de la industria petrolera es color de rosa, pero mucho antes de 2030 los –gobiernos, las empresas y los consumidores tendrán que haber reducido mucho su dependencia de esta energía.

El petróleo es, desde luego, la principal materia prima de los plásticos (alrededor del 4% de la producción mundial de petróleo se usa en ese campo) pero la mayor parte de la energía (y el carbono) queda ‘atrapada’ por los productos de plásticos durante su vida útil, y no hay, durante su producción, emisiones de carbono. Como indicaba en su momento, el ligero peso y la durabilidad de los productos de plásticos, como piezas de automóvil, fuselajes de avión, soportes de carga, aislamientos en la construcción y materiales de envasado, sirven para reducir el CO₂ emitido en un mundo de no-plásticos más pesados y menos duraderos (por ejemplo, una botella de vino de plástico, en los supermercados Sainsbury, pesa una octava parte del peso²⁴⁸ de una botella equivalente de vidrio)²⁴⁹. Y la energía ‘atrapada’ en los plásticos puede (y, crecientemente, lo hará) ser reciclada o, en el futuro, recuperada y utilizada en generación de calor, en incineradores, sin emisión de carbono.

El gas natural es el más limpio de todos los combustibles fósiles; su disponibilidad y su popularidad durante las últimas décadas han producido ya un efecto positivo sobre el cambio climático. El informe “*Living Carbon Budget*” preparado por *Friends of the Earth* y por *Tyndall Centre* explicaba cómo el gas natural había ayudado al Reino Unido a reducir sus emisiones de carbono debidas a la generación de electricidad:

Uno de los progresos clave es el descenso de las emisiones debidas al sistema de la electricidad del Reino Unido. A largo plazo, el sistema ha bajado gradualmente la intensidad de las emisiones de CO₂, con un cambio acelerado en los años 80 y 90, pasando de centrales de carbón a centrales de gas.

De hecho, a pesar de que la demanda en electricidad casi se duplicó a largo plazo, las emisiones de carbono asociadas a la producción de electricidad experimentaron un muy moderado incremento de alrededor del 8% (4 millones de toneladas de carbono) durante el mismo período.²⁵⁰

El gas natural sigue al carbón como combustible más de moda para el futuro (probablemente por razones políticas), pero se predice que aumentará poco su parte en el conjunto de las energías.

Sin embargo, en marzo 2007, *Gulf Times* decía que el gas natural es la energía, en la actualidad, con más expansión en el mundo, y que su presencia superará el 25% de aquí a 2025. Y la Autoridad de Información Energética de los Estados Unidos predijo:

Según su incremento, el gas natural seguía al carbón como fuente primaria de energía en 2006. La cobertura del gas natural en el consumo total de energía en el mundo aumentará, del 24% de 2003 al 26% en 2030.²⁵¹

Eficiencia y ahorro de energía

Vistas las previsiones de incremento masivo del consumo de energía de aquí a 2030 (por parte de todos los observadores), vista la amenaza del cambio climático, y vista la penuria anunciada de combustibles fósiles, no tenemos otra opción que ahorrar drásticamente la energía y utilizar los carburantes de la manera más eficaz posible. Al haber vivido, previamente, una época de “energía barata” y de irresponsabilidad colectiva, disponemos de un gran margen de maniobra para mejorar nuestras costumbres como usuarios.

La mayor parte del despilfarro de energía procede de la calefacción y del aire acondicionado de los edificios; los plásticos tienen un importante papel que desempeñar aislando espacios contra la transferencia térmica (pérdida del calor o aumento de temperatura) y aportando componentes a la construcción, que son mucho más eficaces térmicamente que los materiales tradicionales.

La eficiencia energética en la construcción es la mayor meta alcanzada por la industria internacional de plásticos, y no la única, porque los plásticos, de una forma u otra, tienen una gran misión que cumplir en el ahorro de energía.

El uso de los plásticos reemplazando al vidrio, sustituyendo a materiales menos eficaces en el aislamiento y aportando componentes para la construcción se ha demostrado en una serie de casas especiales construidas por la empresa de productos químicos y plásticos BASF: en los Estados Unidos, en Paterson, New Jersey, levantó una casa de “casi-cero” energía²⁵² para una sociedad de alojamientos; en Alemania, concibió un cierto número de “casas de tres litros” en el barrio de Brunck en Ludwigshafen²⁵³. Estas casas super-aisladas no gastan más de tres litros de combustible por año y por metro cuadrado para cubrir todas las necesidades de la calefacción. Unas casas que muestran las propiedades de los plásticos como aislantes y su potencial como componentes en la construcción para el ahorro de energía.

Se admite que la búsqueda de resultados energéticos y ecológicos desempeñó un decisivo papel en la victoria de Londres para acoger los Juegos Olímpicos de 2012. Como decía la BBC:

El plan medioambiental para los Juegos Olímpicos del verano de 2012 se concentra sobre cuatro objetivos: bajas emisiones de CO₂, residuos, biodiversidad y promoción de conciencia medioambiental.

He aquí una síntesis de cómo los organizadores de los Juegos piensan transformar su deseo de convertir “Las Olimpiadas de un Planeta único” en una realidad.

Locales e infraestructuras: Minimizar la huella de CO₂ en los Juegos durante el diseño, la construcción y las obras. Para alcanzar ese objetivo se va a ampliar al

máximo el uso de energía renovable y a disponer un óptimo abastecimiento de energía, en particular para el nuevo Parque Olímpico.

Transporte: Utilizar, para transportar a los oficiales y a los atletas en sus traslados, una flota con los vehículos de mejores resultados en cuanto a emisiones de CO₂. También se hará una campaña para animar a la gente a usar el transporte público y las bicicletas, y a caminar.

Compensar las emisiones: algunos aspectos de los Juegos, inevitablemente, engendrarán emisiones de CO₂, como, por ejemplo la gente que llegue de todo el mundo por avión. Los organizadores prevén compensar esas emisiones apoyando y desarrollando proyectos de energía limpia en los países en vías de desarrollo.²⁵⁴

La industria británica de plásticos ha mantenido una estrecha relación con los organizadores de los Juegos para potenciar que las cualidades de los plásticos se utilicen en incremento de la eficiencia energética y en reducción de la huella del carbono en los actos; si el plan funciona, los Juegos Olímpicos de 2012 serán un ejemplo de responsabilidad medioambiental.

De aquí a 2030, se adelantarán los preparativos de los Juegos Olímpicos de 2032, que probablemente se celebrarán en Los Ángeles (al cumplirse, en 2030, el centenario de las últimas Olimpiadas en la ciudad). ¿A qué grado de eficiencia, con las emisiones de CO₂, habremos llegado, para esos

Juegos, en comparación con los que van a tener lugar en Londres? ¿Estaremos ya en grado casi-cero de pérdida de energía, o el necesario mal que trae la aviación (transporte de atletas, espectadores y oficiales) arruinará tales esfuerzos? O, ¿quizá, en 2030, los aviones funcionen ya con biocarburantes?

Otros dominios en los que la eficacia energética podría mejorar mucho son la informática y las tecnologías de información y comunicación, los transportes y, una vez más, la generación de energía y su suministro. Todos estos aspectos presentan un gran potencial para ahorrar energía, sencillamente, porque tras un siglo, o más, de energía barata, la eficiencia no ha sido un parámetro de referencia en el desarrollo de los productos o de los proyectos.

En informática, I.B.M. declaró muy claramente que se podía pensar en ahorros importantes de energía:

I.B.M. está iniciando un programa de investigación de unos mil millones de dólares/año que tendrá como objetivo duplicar la eficacia energética de sus centros de datos y de los de sus empresas clientes.

Muchas compañías tecnológicas intentan restringir el galopante consumo de energía en sus centros de datos, esas salas con máquinas modernas que proporcionan la energía necesaria a Internet y a la informática comercial).

De aquí a 2010, I.B.M. prevé multiplicar por dos la capacidad informática de sus centenares de centros de

datos, en todo el mundo, sin aumentar su consumo de energía, gracias a una combinación de *hardware*, *software* y servicios. Eso incluye un nuevo sistema de refrigeración que conserva la energía y enfría el centro de datos según sus necesidades; programas para aumentar los resultados de las computadoras y paso automático a *stand-by* cuando no estén en marcha; y también técnicas de modelaje 3-D y de ingeniería térmica para optimizar los flujos de aire en los centros de datos.²⁵⁵

Un mes después del anuncio de I.B.M., muchos otros grandes nombres de la informática se reunieron para formar la ‘Iniciativa de los Fabricantes de Informática para Salvar el Clima’²⁵⁶. Es una asociación abierta constituida por compañías tales como: Google Inc., Microsoft Corp., Intel Corp., Hewlett-Packard Co., Dell Inc. y Sun Microsystems Inc., que quiere actuar para mejorar la eficacia de las fuentes de energía en los ordenadores y sus servidores y, al final de la cadena, animar a los usuarios a aprovechar técnicas de gestión de energías infrautilizadas. En la actualidad, según la Iniciativa, sólo el 50% de la electricidad que proporciona el enchufe llega al PC porque los cables actuales son ineficaces y pierden energía.

La Iniciativa de los Fabricantes de Informática para Salvar el Clima ha definido una serie de parámetros de eficacia en el suministro eléctrico para los servidores y los PC’s, y pide que, de aquí a julio de 2010, las compañías afiliadas la adopten. En 2010, el parámetro de la Iniciativa definirá un sistema de suministro eléctrico que superará el 95% del rendimiento (y como habrá más de dos mil millones de or-

denadores en el mundo²⁵⁷, en 2010, el potencial de ahorro de energía será inmenso).

También se puede mejorar mucho el margen para ahorrar sobre los bienes y los vehículos individuales. El éxito del coche híbrido gasolina-electricidad Toyota Prius, en los Estados Unidos y en algunos países de Europa indica una vía en el futuro diseño de vehículos. En su forma estándar, el Prius consume unos 3,92 litros cada 100 kilómetros, y puede fácilmente mejorarse para duplicar la eficacia del carburante:

Un coche que no necesita gasolina, o, en todo caso, requiere poca, parece cada vez más realista.

Algunas pequeñas sociedades empezarán a ofrecer servicios y productos para convertir los coches híbridos como el Toyota Prius, que consume, en la actualidad, unos 3,9 litros/100 km., en coches híbridos que funcionen con más electricidad y consuman sólo unos 2 litros/100 km.²⁵⁸

Y el *Sustainability Institute* también habla de utilizar plásticos en el diseño de los coches futuros, que consumirán unos 0,23 litros/100 km:

En los más eficientes coches actuales, sólo del 15 al 20% de la energía de la gasolina llega a los neumáticos. Se gasta únicamente el 2% para transportar al conductor mientras que todo lo demás se va en arrastrar la tonelada de metal que le rodea. Por culpa de esta tonelada, los motores tienen que ser enormes. La clave del Supercoche está en hacerlo: 1) mucho

menos pesado y 2) mucho más aerodinámico, lo que permitirá 3) un motor mucho más pequeño y eficaz.

La ligereza procede del abandono del acero. El Supercarre se fabricará con materiales compuestos –fibra de carbono, fibra de vidrio y plástico especialmente concebido para absorber muchos más impactos por kilo que el metal. Ustedes ya conocen esos materiales si han visto a un conductor de un Indy-500 chocar contra una pared a 100 km/h. y salir del coche por su propio pie. Los coches de carreras se fabrican con fibra de carbono. Ese material puede ser recuperado y reciclado, y de hecho, no se oxida.²⁵⁹

Generación y distribución de electricidad

Una de las áreas con más despilfarro de energía en el mundo es la producción de electricidad y su conversión. La mayoría de las centrales de carbón tienen un índice de resultados de sólo del 30% (el 70% de la energía del combustible quemado se desperdicia) y se pierde mucha electricidad durante la transmisión a larga distancia (la cantidad perdida depende de la distancia y de los cables).

Enormes mejoras pueden realizarse en la eficiencia de las centrales eléctricas²⁶⁰ y ahora se trabaja activamente en ello. Una idea es extraer la energía del vapor caliente inutilizado. Investigadores de la Universidad de California (Berkeley), han descubierto cómo producir electricidad, directamente, a partir del calor, usando nano-moléculas:

Las nano-moléculas producen electricidad cuando se calientan. Ahora nuevos estudios muestran que ciertas moléculas orgánicas producen corriente eléctrica cuando se exponen al calor. Al final, podría resultar mucho más barato y más práctico utilizarlas.

Si todo va bien, los aparatos termoelectricos derivados de las moléculas podrían constituir una fuente importante de electricidad –y una manera de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero una vez mejorado el uso de combustibles fósiles. “El 90% de la electricidad mundial se genera por medios termomecánicos”, declara Arun Majumdar, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de Berkeley y uno de los investigadores que trabaja sobre el proyecto. “Y se desperdicia mucho calor. Actualmente, vez y media la electricidad generada”.²⁶¹

También es posible, tal vez, ahorrar pérdidas de energía durante la transmisión. Refiriéndose a los estudios innovadores del profesor R.E. Smalley²⁶² de la Rice University, Ray Kurzweil escribe:

Mejorará mucho también la transmisión de electricidad. Hoy se pierde mucha durante la transmisión por el calor creado en las líneas de conducción y por la ineficacia del sistema de transporte de los combustibles, lo que representa una agresión al medio ambiente.

A pesar de su crítica a la nano-manufactura molecular, Smalley ha opinado a favor de los modelos basa-

dos en las nanotecnologías para generar y transmitir energía. Describe nuevas líneas de transmisión eléctrica basados en nano-tubos de carbono, integrados en largos hilos, mucho más resistentes y ligeros y, más importante todavía, con mucho mejores resultados en la eficiencia de la energía que los clásicos hilos de cobre. Prevé también el uso de cables superconductores para sustituir a los de aluminio y cobre en los motores eléctricos y ampliar su eficacia.²⁶³

Y George Monbiot identifica los beneficios posibles del cambio de tipo de corriente eléctrica en las futuras líneas eléctricas para pasar de corriente alterna (CA) a nuevos tipos de cables de base plástica para corriente continua (CC)²⁶⁴. Según él, podría bajar el coste de las nuevas formas de energía renovable. En “*Heat...*”, escribe:

Lo más importante es que, aunque la pérdida inicial de electricidad en una línea CC es más fuerte, no aumenta con la distancia. Por el contrario, con el sistema CA, a mayor longitud de línea más pérdidas. No hay límite relacionado con la longitud de una línea CC.

Las líneas de alta tensión CC pueden colocarse en los fondos marinos, lo que abre cualquier espacio marino de menos de 50 metros de profundidad al uso de turbinas eólicas y ofrece casi toda la plataforma continental a los aparatos que funcionan con olas, y que pueden anclarse en grandes profundidades. Puesto que la velocidad del viento aumenta en un metro por segundo por cada 100 kilómetros que

se separa de la orilla, cabe pensar que el coste de la energía renovable podría bajar, en realidad, al alejarse de la costa. Podrían instalarse turbinas de viento, que rotarían más rápido (por consiguiente con tanto más ruido como eficacia), sin molestar a nadie.

Un par de años después de la publicación de la obra fundamental de Monbiot, *The Economist* exploraba una idea adelantada por el ISET²⁶⁵, el Instituto de la Universidad de Kassel, en Alemania, de crear una estructura eléctrica estándar CC a escala europea para permitir el libre intercambio de electricidad por Europa. En un artículo titulado “*Where the Wind Blows*”^{*}, el corresponsal de *The Economist* apuntaba que, aunque la electricidad eólica es una fuente de energía intermitente, con una red de abastecimiento suficientemente grande se podría transferir la electricidad a través de Europa de los lugares ventosos a los desprovistos de viento. El artículo seguía así:

Un grupo de sociedades noruegas ha empezado ya a construir líneas CC de alta tensión entre Escandinavia, los Países Bajos y Alemania, con el objetivo tanto de vender la electricidad nacional como de acumular la de otros países. Airtricity –una compañía irlandesa de electricidad eólica– prevé construir muchas líneas más. La sociedad propone lo que llama una Superred. Juntaría los parques eólicos *offshore* del océano Atlántico con los de los mares de Irlanda, del Norte y Báltico para clientes en Europa del Norte.

* NdT: “Allá dónde sopla el viento”.

Airtricity piensa que el proyecto, un parque de 2.000 turbinas eólicas en el mar del Norte, costaría unos 2 mil millones de euros. Ese parque generaría 10 gigawattios. Un montante equivalente producido por combustión de carbón costaría 2,3 mil millones de dólares; así, añadiendo los beneficios medioambientales, el proyecto parece interesante. Tales parques *offshore* funcionan bien. Airtricity gestiona uno de ellos en el Atlántico, y aunque sólo tiene una capacidad de 25 Mw, basta con añadir turbinas eólicas para aumentar su capacidad de producción.²⁶⁶

Todo esto nos permite ahora entrar, fácilmente, en el tratamiento del futuro de las fuentes de energía renovable y sostenible.

Fuentes de energía renovable y sostenible

Todas las previsiones acerca de las diferentes energías que usaremos en 2030, de las que hablé antes, son falsas, porque es imposible prever cómo se desarrollarán la producción y las tecnologías de transmisión durante el próximo cuarto de siglo. La carta “comodín”, el parámetro que escapa a todas las instancias que practican la previsión sobre las futuras fuentes de energía y las costumbres de uso, (o bien la ignoran), es la aceleración exponencial del desarrollo tecnológico.

Es probable, y casi cierto, que las energías de fuentes renovables y sostenibles proporcionarán la mayor parte de

las necesidades mundiales en energía (siempre creciente) de aquí a 2030; desde luego, la energía está por todas partes, en el viento, en las olas, en las piedras y en el sol. En una hora, los rayos del sol depositan sobre la tierra suficiente energía como para poder subvenir a las necesidades mundiales actuales durante un año.²⁶⁷

El proceso parece muy adelantado. En un informe titulado “*Tendencias 2007 de la Energía Limpia*”, *Clean Edge*, una entidad de investigación, decía:

Los mercados siguen un incremento saludable para las cuatro tecnologías de referencia –fotovoltaicos solares, turbinas eólicas, biocarburantes y pilas de combustión–.

Las cifras de negocio anuales de esas cuatro tecnologías aumentaron cerca del 39% en un año –de 40 mil millones de dólares en 2005 a 55 mil millones de dólares en 2006. Prevemos que el aumento seguirá la misma trayectoria, para llegar a un mercado de 226 mil millones de dólares en 2016.

Ciertos desarrollos pusieron de relieve la energía limpia durante este año. Entre ellos, casi tres veces más inversiones institucionales en la tecnología energética en Estados Unidos, lo que representa unos 2,4 mil millones de dólares; un nuevo compromiso por parte de los políticos americanos, a todos los niveles (estatal, regional y federal); y significativas inversiones corporativas en las adquisiciones de energía limpia y en iniciativas de expansión.²⁶⁸

Antes de interesarnos por este tipo de tecnologías, que podría proporcionarnos energía limpia de aquí a 2030, merece la pena definir la diferencia entre fuentes de energía “renovables” y “sostenibles”, aunque parezca que muchos comentaristas emplean estos términos de forma intercambiable.

Las fuentes “renovables” son las fuentes naturales de nuestro alrededor que se renuevan automáticamente. Esto incluye los rayos de sol, la energía eólica, la energía de las olas, las mareas, la energía hidroeléctrica y la energía geotérmica (el calor almacenado en las rocas). Al producir energía, las fuentes renovables suelen emitir muy poco CO₂.

Las fuentes “sostenibles” son los cultivos y la biomasa, que pueden utilizarse como fuente de energía y cultivarse de un modo responsablemente ecológico. El cultivo de las fuentes sostenibles produce, en general, algunas emisiones de carbono: estos dos últimos puntos son muy importantes si se considera la oportunidad de la política energética actual de los Estados Unidos, los contaminadores más grandes del mundo.

Al intentar parecer “verde” (y calmar el descontento público ante los peligros del cambio climático en los Estados Unidos), el Gobierno de George W. Bush aplicó nuevas subvenciones a la producción de bioetanol, un biocombustible fabricado a partir del maíz y, en regiones calientes, de caña de azúcar, (el bioetanol es una forma de alcohol).

La razón por la cual la industria petrolera considera positivamente esa iniciativa de “biocarburante” es que aunque la materia original cambie, los métodos de refinado y de dis-

tribución se mantienen igual. Las infraestructuras del Gran Petróleo quedan en su sitio y los negocios siguen casi como de costumbre.

Pero existen problemas graves con la nueva política americana, que alienta la producción de etanol para los transportes. Los ecologistas no dejan de hablar de la estrategia, mala y limitada, de Bush en este campo. Incluso comentaristas no-alineados y muy respetados apuntan errores, como *The Economist* comentaba en mayo de 2007:

El etanol fabricado a partir de maíz, no es barato ni especialmente ecológico: su producción requiere mucha energía. La fabricación ha sido impulsada por ayudas económicas de los gobiernos estatal y federal que son fiadores, incluyendo subvenciones, la promoción de una mezcla de gasolina y combustibles renovables, y una alta tarifa que desplaza al etanol extranjero.²⁶⁹

El mismo periódico decía, también, que al usar tierras de alta calidad para producir los necesarios recursos para el etanol, los Estados Unidos han elegido, de hecho, alimentar más a sus coches que a sus ciudadanos.

El uso del maíz americano para producir biocombustible etanol, que tiene que ser mezclado con gasolina para reducir la dependencia del país del petróleo extranjero, ya ha hecho aumentar el precio del maíz. Mientras se explota cada vez más tierra para el cultivo del maíz dejando otros cultivos agropecuarios (como la soja), el coste de éstos últimos aumenta.

Y puesto que el maíz se usa para criar el ganado, el coste de la carne también sube. En otras palabras, los recursos alimenticios se desvían para nutrir a los coches americanos.

A la industria del automóvil le encanta, porque supone que el cambio hacia un carburante verde aminorará la presión ejercida sobre los coches por el calentamiento global. A la industria petrolera le encanta, porque el uso del etanol como aditivo del combustible significa que el negocio sigue, al menos por el momento. A los políticos les encanta, porque al patrocinar este cambio satisfacen a sus electores. Y los contribuyentes no parecen darse cuenta de que son ellos los que pagan la factura.²⁷⁰

Para clarificar totalmente los argumentos contra el etanol, he aquí el siguiente análisis de Cleantechblog.com:

Aunque los vehículos híbridos (que utilizan gasolina o etanol) se venden muy bien en los Estados Unidos, la mayoría nunca ha recibido una gota de E85 (carburante etanol) en su depósito. Se mueven con gasolina estándar. Hay más de 6 millones de vehículos, por las carreteras americanas, que podrían circular con el E85. Pero la mayoría nunca lo ha intentado.

La mayor parte de los vehículos híbridos consumen muchísimo petróleo. Cuando utilizan el E85, consumen maíz. En 2007, el coche mejor dotado de E85 era el Chevrelot Impala, con un índice de consumo de 14,7 litros por cada 100 km. y de 10,2 litros en 100

km de autovía. En un año de conducción estándar en los Estados Unidos, utilizando E85, el coste del carburante sería de 1.657 dólares con una emisión de 6 toneladas de CO₂.

Un gran problema es que el etanol reduce el rendimiento en kilómetros por litro en cerca del 27%. El contenido en energía del E85 es de 83.000 BTU/galón, en vez de 114.000 BTU/galón para la gasolina. Incluso de aquí a 2030, la Energy Information Administration (EIA) americana proyecta que el E85 represente sólo el 1,4% del uso de etanol. La gran mayoría servirá para mezclas, en pequeña proporción, con gasolina.²⁷¹

Entonces, si el etanol no es el biocombustible adecuado (excepto quizá para los aviones –ver sección anterior), ¿qué tipo de biocombustible se precisará en un mundo de energía sostenible?

Una solución es reutilizar para el transporte las grasas y los aceites usados, como hacen en el Reino Unido los restaurantes McDonald's. Los 150 camiones de la empresa circulan con el aceite vegetal que ha cocinado sus populares hamburguesas y sus patatas fritas.

Pero, dejando aparte la reutilización fortuita de los aceites de cocina, en los biocarburantes para el transporte caben los sustitutos de diesel (biodiesel) desde los obtenidos de la caña de azúcar (los más eficientes) hasta los de la madera (por ahora los menos eficientes). Toda clase de problemas afecta a cómo los biocarburantes pueden ser,

de eficientes o ineficientes, en cuanto a emisiones de CO₂. Eso incluye la energía y el agua gastadas en el crecimiento de los cultivos, la calidad de la tierra agrícola necesaria, el CO₂ emitido para ayudar al brote (en la producción y el uso de fertilizantes, por ejemplo) y la eficiencia energética de los carburantes refinados. Así, la caña de azúcar proporciona entre 8 y 9 veces la energía usada para su producción, mientras el girasol, las uvas u otros cultivos producen sólo de 1 a 3 veces la energía usada para cultivarlos.²⁷² Y hay problemas con la energía usada para convertir los cultivos en energía utilizable y la consumida para el transporte de esa energía a su destino final. Otro problema de vital importancia es el otorgar terrenos para producción de biocombustibles (lo que lleva, a veces, a deforestación o a usurpar tierras productoras de alimentos).

Vista la complejidad de estos problemas, muchos usuarios son incapaces, por ahora, de tener una opinión sobre los biocombustibles. Se necesita más información sobre el tema y los gobiernos tendrán pronto que legislar para asegurar que sólo los más eficientes y ecológicos tipos de carburantes lleguen a la gasolinera. Los ecologistas tienen una regla muy útil para aplicar: dicen que un biocombustible debe emitir un 50% menos de CO₂ que el fósil para poder sustituirle aceptablemente (durante su cultivo, transporte y consumo).

Uno de los biocombustibles que puede tener verdadero potencial es el derivado del "Jatrofa Curcas"²⁷³, que presenta muchas ventajas sobre otros cultivos. Las principales son que el jatrofa produce mucha energía y crece sobre tierras marginales poco aptas para otras formas de agricultura. Su

crecimiento mejora la calidad del suelo. En junio de 2007, BP anunciaba una inversión de 32 millones de libras²⁷⁴ en la producción de jatrofa como biocarburante.

Aunque las Naciones Unidas han considerado, desde hace mucho tiempo, a los biocombustibles como un enorme potencial para ayudar a que los más pobres salieran de la miseria, la organización alertó al mundo contra la deforestación que se estaba extendiendo para producir fuentes de biocarburantes, subrayando las consecuencias negativas de esa deforestación a gran escala.

En general, los biocombustibles son muy útiles para reemplazar, a pequeña escala, a los carburantes fósiles, porque la producción a gran escala requiere energía para la fertilización y ocupa tierras que hubieran podido ser mantenidas como forestales o usadas para producir alimentos. Pero en algunos países –entre otros el Reino Unido– existen tierras agrícolas infravaloradas e inexploradas. Por eso su –gobierno aumentó la ayuda para ciertos tipos de biocarburantes. La BBC dio este reportaje en 2004:

El Reino Unido va a alentar la producción de biomasa, esos cultivos especialmente dedicados a la fabricación de carburantes ecológicos.

El –gobierno está formando un grupo de trabajo para estimular la oferta y la demanda de biomasa y ofrecer un abanico de subvenciones.

Los –ministros esperan que esto ayude a que el Reino Unido alcance sus objetivos de uso de energía reno-

vable y que la agricultura, la industria forestal y las zonas rurales se beneficien.

Materiales como el “miscantus”, (una planta alta), el sauce, el álamo, el serrín, la paja, la leña, etc., están, todos ellos, incluidos²⁷⁵.

Mientras se incrementa la producción doméstica de biocombustibles en el Reino Unido, éste importa la mayoría del petróleo. El gobierno aún no ha acabado su análisis de las fuentes de biocombustibles extranjeros y los consumidores británicos que desean usar biocarburantes no pueden distinguir los que proceden de “buenas” o de “malas” fuentes.²⁷⁶

Otras formas de biocombustibles se fabrican a partir de desechos: grasas, aceites domésticos, residuos de alcantariillas, basuras y desechos orgánicos, y aunque es necesario que tales proyectos se realicen a pequeña escala, si se gestionan correctamente, pueden tener impacto medioambiental durante su producción y suponer una contribución significativa en la resolución de los problemas del cambio climático sustituyendo a los combustibles fósiles.

Varios ejemplos de éxito en proyectos de producción de biocarburantes pueden encontrarse en el Pacífico Sur, donde los isleños transforman los cocos en combustible. Como indica peopleplanet.net:

En las islas del Pacífico, existen formidables oportunidades de uso de los cocos como carburantes, según Jan Cloin de la *South Pacific Applied Geoscience Commission*. “El aceite de coco puede mezclarse con die-

sel, y, bajo ciertas condiciones, sustituirlo por completo. El aceite de coco es cada vez más utilizado en las islas del Pacífico para transporte y producción de electricidad gracias a su bajo coste local. Otras ventajas son que sostiene a las industrias agrícolas locales y que reduce las emisiones.²⁷⁷

También existen ideas interesantes circulando por los laboratorios, que se llevarán a cabo de aquí a 2030. Por ejemplo, quizá sea posible llegar a producir aceite ecológico a partir de algas (Boeing sugiere que podría ser una posibilidad para el carburante de los aviones). Una empresa *start-up* con base en San Francisco (llamada Solazyme²⁷⁸) sugiere que ésta es una práctica idea, como indica en el *San Francisco Chronicle*:

Las algas que Harrison Dillon examina a través de su microscopio pueden un día impulsar su coche.

Solazyme, la sociedad de Dillon Menlo Park, ha modificado los genes del alga para transformar la microscópica planta en una máquina productora de petróleo. Si todo ocurre como espera Dillon, los barriles de algas podrían sustituir al diesel y al petróleo bruto.²⁷⁹

La energía eólica

Los molinos de viento se concibieron hace 2.000 años para aprovechar la energía del viento. Hoy, la energía eólica, de todas las formas de energía renovable, es la primera en pro-

porcionar grandes cantidades de energía eléctrica a los sistemas nacionales de abastecimiento.

A causa de los recientes aumentos de precio de los combustibles fósiles, la energía eólica ha llegado a ser, en ciertos casos, tanto o más barata que la electricidad derivada de ellos. Existe, en el mundo entero, una gran prisa por instalar más parques eólicos, que capturen, cada vez más, esta energía “gratuita”.

Los Estados Unidos, movidos por su insaciable sed de carburante, encabezan la prisa, como decía el *Washington Post* en marzo de 2007:

Como las novias de catálogo, miles de turbinas eólicas patilargas están llegando a las regiones abandonadas de Washington y Oregón, dónde se unen, por medio de la red de distribución eléctrica, a las viejas y barrigonas presas hidroeléctricas.

El noroeste del Pacífico no es el único en correr tras el viento como fuente de electricidad limpia. La ansiedad creada por el cambio climático y la demanda creciente de electricidad han generado una locura eólica en la mayor parte de los Estados Unidos, donde la energía eólica provocó en el mercado energético el aumento más rápido del mundo. La capacidad de producción eólica superó el 27% el año pasado y este año se espera más.²⁸⁰

El coste de las turbinas eólicas ha descendido enormemente durante los últimos 30 años, mientras que, por el

contrario, su eficiencia ha aumentado. En un estudio sobre las fuentes de energía renovable, *The Economist* decía, en junio de 2007:

Durante el boom eólico de los años 70, las aspas de las turbinas medían entre 5 y 10 metros de longitud, y cada turbina no producía más de 200-300 Kw. La energía producida costaba unos 2 dólares por Kwh. Ahora, las aspas llegan a 40 metros y cada turbina produce hasta 2,5 Mw, con un coste de 5 a 8 centavos del Kwh, según la situación (la electricidad de las centrales de carbón, dependiendo de la planta, cuesta entre 2 y 4 centavos el Kwh). Existen incluso prototipos de 5 Mw, con aspas de 62 metros.²⁸¹

Algunas regiones naturalmente ventosas como las zonas costeras (y los países integrados por islas como Nueva Zelanda, el Reino Unido e Irlanda) pueden aprovechar sus vientos, fuertes y frecuentes, pero no todas lo hacen. Por ejemplo, si Inglaterra ha liderado los trámites por la lucha contra el cambio climático a nivel internacional, sus resultados domésticos distan mucho de su retórica política. El Reino Unido produjo sólo 1,353 Mw de electricidad eólica, frente a los 18,428 Mw de Alemania, los 10,027 Mw de España y los 3,122 Mw de Dinamarca.²⁸²

Desde luego, el viento no es una fuerza de la naturaleza con la que se pueda contar y la energía eólica sola no es capaz de reemplazar a las demás fuentes de energía, cualquiera que sea el número de parques construidos (admitiendo que se puedan contrarrestar las protestas de los anti-eólicos). Además la electricidad es un producto “viviente” que tiene

que ser usado y distribuido tan pronto como se produce. En la actualidad, no existe un sistema de almacenaje de esta electricidad a largo plazo que sea viable económicamente. Lo que significa que cuando no sopla el viento las turbinas eólicas no producen electricidad.

En King Island, Estrecho de Tasmania, se ha probado un invento y Australia sugiere que, a largo plazo, podría llegar a ser posible una manera limitada de almacenaje local de la electricidad, lo que aumentaría el papel desempeñado por la energía eólica en el futuro. El aparato de almacenaje se llama “*Flow battery*” (un tipo de pila recargable). Como informaba el *New Scientist*:

Durante años, las turbinas eólicas y los generadores solares han estado unidos a baterías de sostén que almacenan la electricidad bajo una forma química. En las baterías de plomo, las más usuales, los productos químicos que almacenan la electricidad permanecen dentro de la batería. La diferencia de la instalación de la isla King es que cuando hay mucha energía eólica, los productos químicos de la batería, impregnados de energía, se aspiran y pasan a contenedores de almacenaje, lo que permite introducir nuevos productos químicos para recargarla. Para regenerar la electricidad, simplemente, se invierte el flujo.²⁸³

Tales baterías podrían ser desarrolladas también para almacenar la electricidad producida por otras formas de energía renovable, como la de las olas y la de las mareas. Pero, actualmente, la mayoría de las turbinas eólicas produce elec-

tricidad “en tiempo real”, que tiene que distribuirse y consumirse en seguida.

Algunos ecologistas plantean un futuro en el que cada casa tiene su turbina eólica y vende el excedente de electricidad al sistema de distribución. Sin embargo, George Monbiot, entusiasta del poder comercial *off-shore* de los parques eólicos, ve que el concepto doméstico, independiente, puede plantear problemas:

Con una velocidad media del viento de 4 metros por segundo, una gran micro-turbina (1,75 metros de diámetro sería lo máximo que se podría instalar sobre una casa) produciría casi el 5% de la electricidad gastada por un hogar medio. Pero los habitantes terminarán indignados.

Va a molestar a la gente que, atendiendo el reclamo de las empresas, que le anunciaron una cobertura de la mitad o más de sus necesidades anuales de electricidad, compró la turbina. Va a alterar a la gente que descubra que las turbinas eólicas han provocado daños estructurales en su casa. Va a enloquecer a los vecinos, que no aguantarán el ruido incesante de la turbina eólica. Si se pretende destruir el entusiasmo de la gente por la energía renovable, es difícil hallar un método mejor.

Aunque George Monbiot imagine los suburbios de la ciudad transformados en infierno por culpa de turbinas eólicas ineficaces que surgen por todas partes, pequeñas unidades individuales (fabricadas con plástico ligero y duradero) pue-

den dar excelentes resultados en las zonas ventosas rurales. Y el futuro de la producción industrial de energía eólica parece brillante. Como explicaba *The Economist* en mayo de 2007:

El comercio eólico aumenta más de un 30% al año en el mundo, con los Estados Unidos a la cabeza. Y cuando se inició el esquema de subvenciones solares en Alemania, en 2004-2005, la demanda en Europa casi se multiplicó por dos, como indica Ron Kenedi de Sharp, el fabricante más importante de paneles solares.

En cualquier caso, la oferta no se satisfará tan pronto. Las turbinas eólicas son máquinas enormes, que requieren innumerables piezas. Diversas empresas construyen nuevas fábricas, como Vestas, que acaba de anunciar la construcción de su primera unidad de fabricación americana de aspas, en Colorado. Pero para que esas plantas funcionen bien se necesitarán muchos años. Mientras tanto, los futuros compradores reservan ya sus turbinas eólicas. GE Energy, el instalador más grande de turbinas eólicas en América, tiene llena su cartera de pedidos hasta el final del año próximo.²⁸⁴

Y George Monbiot defiende llevar la conversión británica a la energía eólica a escala industrial con mucha elocuencia:

El viento, las olas y el sol no harán falta –por lo menos mientras nosotros estemos en el planeta. Y ni el señor Putin ni ningún otro monopolio energético podrá detenerlos. Una turbina eólica no se funde, ni

sirve de blanco para ataques terroristas. El desmantelamiento del mercado cuesta poco y no tiene peligro. La energía necesaria para la fabricación de las máquinas vendidas hoy sólo representa una pequeña parte de la energía que producirán, y cuando las instalen no emitirán CO₂. Y si estas tecnologías renovables pueden modificar el paisaje, el impacto es, seguramente, mucho menos negativo que la destrucción de la biosfera.

El Reino Unido –islas rodeadas de fuertes vientos y violentos mares– tienen los mejores recursos de Europa.

Desde luego, el dominio de la energía eólica a escala global será una prioridad de aquí a 2030. Las turbinas eólicas serán más eficientes (con los plásticos no-corrosivos desempeñando un papel principal²⁸⁵ en la construcción de las turbinas eólicas *offshore*) y se encontrarán mejores soluciones para el almacenaje y la conducción. La energía eólica formará parte integrante de la oferta en 2030, pero no tiene por qué desarrollarse en perjuicio de otras fuentes de energía renovable, de las cuales la solar es la más importante y la más estimulante.

La energía solar

Al contrario de la tecnología eólica, el desarrollo de aparatos solares que convierten las radiaciones del sol en electricidad (fotovoltaico solar) o en calor (termosolar) es compleja. Se requieren muchas mejoras en términos de eficiencia (canti-

dad de energía solar capturada y convertida) y una reducción del costo de los aparatos para ello.

En su estudio sobre las fuentes de la energía renovable, *The Economist* establecía los avances logrados en el desarrollo de paneles fotovoltaicos solares:

La eficacia de la conversión de la radiación solar en electricidad por paneles fotovoltaicos solares ha progresado desde el 6% inicial hasta el 15% actual. El coste ha pasado de los 20\$/w en los años 70 a los 2,70\$/w en 2004 (aunque un desabastecimiento de silicona haya subido los precios).²⁸⁶

El viento sopla de forma desigual alrededor del planeta mientras que los rayos de sol alcanzan al mundo de forma más previsible. Las mayores cantidades de luz y de sol se sitúan en las regiones ecuatorianas.

Lógicamente, las tecnologías solares encontrarán más aplicaciones posibles dónde haya más sol –regiones que albergan también a las comunidades más pobres del mundo. En esas zonas, más de 2,5 mil millones de individuos, casi la mitad de la población global, dependen todavía de la leña, de los desechos animales o de los residuos de los cultivos, para sus combustibles. Aunque en las zonas ecuatoriales se están logrando ya progresos significativos en el uso de la energía solar (permitiendo, a veces, mejorar las condiciones de vida local).

I.M. Dharmadasa, profesor de Aparatos y Materiales Electrónicos en la Universidad de Sheffield Hallam, en el Reino Unido (asesor-consultor de este capítulo), ha sido

pionero en el desarrollo y el despliegue de las unidades y sistemas fotovoltaicos desde hace décadas, y ha conseguido avances significativos²⁸⁷ al aumentar el rendimiento de los aparatos de energía solar.

El profesor Dharmadasa inició la formación de SAREP (Programa de Energía Renovable del Asia del Sur) y en su comunicado: “*Use of Solar Energy for Solar Development and Reduction of Poverty*”^{*}, describe un proyecto en Sri Lanka que inició con sus colegas y del cual es asesor:

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, una pequeña parte de la población accede al suministro de electricidad a través de la red nacional. En Sri Lanka por ejemplo, cerca del 60% de la población tiene su hogar electrificado, pero en algunas regiones sub-saharianas la cifra baja al 10%.

La mayoría de esas comunidades rurales se ilumina con lámparas de queroseno, que combinan el riesgo de incendio con la mala calidad del aire respirado. Esas lámparas ofrecen muy malas condiciones de vida y los gobiernos tienen que afrontar costos del combustible siempre en aumento.

La mejor solución está en los sistemas de alumbrado autónomos, ya en el mercado. Su coste es de unas 50.000 rupias (unas 300 libras). Cuando ese coste se paga en 8 años, las mensualidades son inferiores al coste del queroseno usado por mes. Existen ahora,

* NdT : “Uso de la Energía Solar Para el Desarrollo Social y la Reducción de la pobreza”.

ya, más de 100.000 sistemas en Sri Lanka y la población empieza a ver sus beneficios.

El análisis de los resultados del diploma de estudios de secundaria en uno de los pueblos mostró una mejora sustancial en los hogares provistos de electricidad, gracias a este sistema. A los mejores resultados se añaden: la desaparición del riesgo de incendio, una salud mejor gracias a la reducción de la polución del aire respirado y la eliminación del recargo en el coste del combustible.²⁸⁸

El profesor Dharmadasa trabaja ahora con la *World Innovation Foundation* y con los gobiernos nacionales, para multiplicar por dos este modelo de sistema solar de bajo coste en las zonas rurales del continente africano.

Es el incremento de la eficiencia lo que facilitará el uso de paneles solares²⁸⁹ en los climas calientes o en latitudes más templadas. Se están logrando progresos significativos, como revela la investigación recién llevada a cabo en Boeing-Spectrolab²⁹⁰:

Los investigadores de Boeing-Spectrolab acaban de conseguir la construcción de un panel solar multi-unión que alcanza el increíble resultado del 40,7%, o sea el doble de lo que existía antes.

Para hacer una perspectiva de este avance de nuestro Departamento Energético, hay que considerar que apenas hace 2 meses la sociedad SunPower, con base en Silicon Valley, anunciaba un panel con el 22% de eficien-

cia y se anunciaba, incluso, que ese modelo producía un 50% más de energía que los ensayos precedentes.²⁹¹

Es bastante alentador observar que muchos expertos en energía solar calculan que la tecnología habrá llegado a su madurez de aquí a 2030. Bajo el título “La energía solar tiene potencial para ser la dominante de aquí a 2030”, Physorg.com decía, en noviembre de 2005:

El profesor Andrew Blakers, del *Centre for Durable Energy Systems* de la Universidad Nacional de Australia, declarará hoy en su conferencia *Greenhouse 200*, en Melbourne, que la conversión fotovoltaica (PV) de energía solar podrá competir en coste con cualquiera otra tecnología de producción de electricidad de bajas emisiones de aquí a 2030.

Su ponencia describe cómo la extrapolación de los enormes progresos económicos y tecnológicos de los fotovoltaicos conseguidos a lo largo de los últimos 15 años permite confiar en la posibilidad de un gran cambio en la tecnología eléctrica durante el próximo cuarto de siglo.²⁹²

En la actualidad, los “descubrimientos” tecnológicos y los alentadores nuevos desarrollos en el dominio de la energía solar están viniendo a ráfagas. Por ejemplo, un desarrollo británico premiado aplica las propiedades de nanotecnologías de conducción eléctrica de plásticos a rebajar el coste de los sistemas de generación de energía solar. El anuncio de un premio de 250.000 libras hecho por la *Royal Society* describe el potencial tecnológico:

Una propuesta de desarrollo de herramientas para fabricar paneles solares de alto rendimiento a bajo coste, y fuentes de alumbrado para un amplio mercado consiguió uno de los premios de la *Royal Society*.

El profesor Bradley y sus colegas prevén desarrollar comercialmente dos procesos de producción de aparatos electrónicos de plástico.

Los aparatos electrónicos de plástico utilizan nuevos semi-conductores orgánicos, a base de carbono en lugar del tradicional –silicona, arseniuro de galio y otros materiales inorgánicos.

Estos nuevos semi-conductores orgánicos combinan la solubilidad, permitiendo el uso de capas de cobertura y de impresión durante la fabricación de los aparatos, y propiedades tales como flexibilidad y firmeza, con las características funcionales esenciales de los semi-conductores tradicionales.

El equipo piensa que el desarrollo de aparatos electrónicos de plástico permitirá adoptar, a gran escala, una generación de energía y un alumbrado ecológico accesible y baratos.²⁹³

Otro equipo de investigadores, en la MIT tiene una opinión totalmente diferente sobre cómo reducir el coste de almacenaje y producción de energía solar:

Pueden ser posibles, muy pronto, paneles solares mucho más potentes gracias a una tecnología más eficaz

de captura y de uso del alumbrado. StarSolar, una *Start-Up* con base en Cambridge, MA, acaba de capturar, y usar, fotones que usualmente pasan a través de los paneles solares sin producir electricidad. La sociedad, que desarrolla, con patente, una tecnología desarrollada en la MIT, declara que sus proyectos podrían reducir el coste de los paneles solares a la mitad, manteniendo una alta eficiencia. Eso podría hacer la energía solar tan barata como la electricidad actual.

El desarrollo de la tecnología solar es un campo alentador y lleno de optimismo, sobre todo porque la captura de la fuerza natural del sol para cubrir nuestras necesidades será una fuente óptima de energía limpia. Existen muchas instalaciones solares importantes, que funcionan ya o están en vías de desarrollo. En marzo de 2007, *The Economist* subrayaba que las empresas *high-tech* más importantes del mundo competirían para liderar la generación de electricidad solar:

El año pasado Microsoft dotó su campus de Silicon Valley de un sistema solar de SunPower, una empresa local que fabrica paneles solares de alta eficiencia (y, según algunos, los más bellos del mundo). Unos meses después, Google, el mayor rival Microsoft, abordaba algo más impresionante: una de las instalaciones solares corporativas más grandes hasta entonces.

Pero, quizás, sea Wal-Mart quien se lleve la palma. En diciembre, el gigante de la distribución anunció una licitación para dotar a los techos de sus numerosos hipermercados de paneles solares. Además de la pu-

blicidad positiva, el uso de lo solar es evidentemente atractivo. Al contrario de los carburantes fósiles, que contaminan y producen gases de efecto invernadero, la energía solar es limpia y sus recursos virtualmente ilimitados. En una hora, la Tierra recibe más energía solar que la que consumen los humanos en un año. Según el Departamento Americano de la Energía, si los paneles solares se situaran sobre el 0,5% de las extensiones del país, podrían cubrir la demanda integral americana de electricidad.²⁹⁵

Entonces, si el coste de los combustibles fósiles sigue siendo alto y las tecnologías solares incrementan aún más su eficiencia, la energía solar podría convertirse en una de las más baratas fuentes de energía disponible.

Los futurólogos y los escritores de ciencia-ficción sueñan, desde hace mucho tiempo, con dominar la energía solar a gran escala (en mi novela, publicada en 2005, *Extinction*, cubría la cara de la luna que mira a la tierra con espejos, para orientar los rayos del sol) y lo que era sólo especulación se va volviendo realidad. En “*Heat...*”, George Monbiot, sopesa la idea de utilizar los desiertos de todo el mundo como parques solares gigantes:

Desde hace años, los pícaros ecologistas subrayan que la potencia solar generada en el Sahara podría proporcionar electricidad para toda Europa, que el desierto del Gobi podría abastecer a China y que los desiertos de Chihuahuan, Sonoran, Atacama y la Gran Victoria podrían cubrir sus continentes respectivos. Les han tildado de locos. El desarrollo actual

de cables CC de bajo costo²⁹⁶ indica que un día sus ideas se reconocerán.

Dos informes del Centro Aeroespacial Alemán (“Concentrar la energía solar en el Mediterráneo”²⁹⁷ e “Interconexiones Trans-mediterráneas para la Concentración de la Energía Solar”²⁹⁸), dan una visión práctica de cómo nuevos parques solares gigantes en los desiertos norteafricanos podrían resolver la crisis energética que se perfila en Europa y reducir las emisiones de carbono del continente.

Pero la aplicación más sugerente de la energía solar se halla justo por encima de nuestras cabezas: un promedio de 3 Kw de potencia está disponible sobre cada techo, y esa forma de producción eléctrica podría acabar con el monopolio centralizado. Mucha gente piensa que la producción de energía a partir de combustibles fósiles (redistribuida luego por un suministrador central), es el factor clave de la división del mundo entre ricos y pobres. Un modelo independiente de distribución de la energía solar podría resolver esa división.

Finalmente, es interesante apuntar que el *New Jersey Institute of Technology* ha desarrollado unos nuevos conductores solares de plástico de bajo costo, que llama “para proyectar” o “para imprimir”. Como informaba physorg.com en julio de 2007:

Los investigadores del *New Jersey Institute of Technology* (N.J.I.T.) han desarrollado un panel solar de bajo coste que puede ser pintado o impreso sobre hojas de plástico flexibles.

“El proceso es sencillo”, declara la investigadora-jefe y escritora Somenath Mitra, PhD, profesor titular de la Cátedra de Química y Ciencias Medioambientales de N.J.I.T. “Algún día, los propietarios de casas podrán imprimir esas hojas de paneles solares con sus impresoras de tinta. Los consumidores, entonces, podrán pegar el producto acabado sobre una pared, un techo o un panel para crear sus propias unidades de energía solar²⁹⁹.”

Y el mismo mes, la *MIT Technology Review* publicaba un artículo revelando que los paneles solares de plástico habían alcanzado niveles record de eficacia:

Un nuevo proceso de impresión de paneles solares aumenta la energía engendrada por esta forma flexible y barata de fotovoltaicos. Los paneles solares iniciales fabricados con esta tecnología, según un informe de *Science* aparecido hoy, pueden capturar la energía solar con una eficacia del 6,5% –un nuevo récord para los fotovoltaicos que usan plásticos conductores para generar electricidad a partir del sol. La mayoría de los fotovoltaicos están fabricados a partir de semi-conductores inorgánicos convencionales³⁰⁰.

El combustible hidrógeno

Entre todas las demás fuentes de energía renovable de las que no hemos hablado, está el hidrógeno (H₂) que desencadena el máximo optimismo en cuanto a perspectivas de almacenaje, a largo plazo, de energía eléctrica limpia. El hidrógeno

es el elemento más abundante en el universo (representa el 75% de su masa y el 90% de sus moléculas) y dominarlo como portador de energía daría a la humanidad una forma casi ilimitada de almacenar y distribuir energía.

El hidrogeno es un combustible totalmente limpio, que puede ser producido (por medio de la electricidad u otros medios) a partir de cierto número de fuentes (incluso el carbón y el agua), y que, cuando está quemándose, sólo produce agua. Unos dispositivos llamados ‘pilas de combustión’ (primero descritas teóricamente en Alemania en 1838, y luego fabricadas por primera vez en el Reino Unido en 1959) se utilizan para extraer la energía contenida en el hidrógeno; se espera que esas pilas de combustión de hidrógeno se conviertan un día en una forma universal de propulsión para los transportes a motor (y, quizá, para la aviación). También podrán, localmente, los hogares y las empresas generar su propia energía con pilas de combustión de hidrógeno, de tecnología solar o eólica, y dejar de depender del suministro de las redes nacionales de energía.

El escritor de ciencia-ficción francés Julio Verne conocía el potencial de almacenaje de la energía de hidrógeno, hace más de un siglo. En su novela, *La isla misteriosa*, publicada en 1874, un ingeniero llamado Cyrus Smith, sugería que cuando el carbón se agotara, la humanidad quemaría agua para generar energía:

“Sí, pero agua descompuesta en sus elementos constituyentes”, contestó Cyrus Smith, “y descompuesta, sin duda, por electricidad, que se habrá vuelto entonces una fuerza potente y manejable... Sí, amigos

míos, creo que el agua será un día empleada como combustible, que el hidrógeno y el oxígeno que la constituyen, usados solos o juntos, proporcionarán una fuente inagotable de calor y de luz, y con una intensidad que el carbón no alcanza. El agua es el carbón del mañana.”

Jeremy Rifkin, cuya obra, *The Hydrogen Economy*, está considerada como uno de los debates más importantes sobre la energía del hidrógeno, sugiere que no sólo puede proporcionarnos un almacenaje de energía desprovisto de carbono, sino que también permite rediseñar los sistemas de distribución mundiales de energía con un impacto duradero sobre la organización social:

Si todos los individuos y las comunidades del mundo llegaran a ser propietarios de su propia energía, el resultado sería un cambio radical en la distribución, que no repartiría más la energía de arriba a abajo, sino de abajo a arriba. Los autóctonos no dependerían de la voluntad de centros lejanos. Las comunidades podrían producir una gran parte de sus bienes y servicios y consumir el fruto de su labor. Y como el mundo estaría conectado por redes globales de comunicación y de energía, la gente podría compartir, alrededor del planeta, sus técnicas comerciales, sus productos y sus servicios, con otras comunidades. Este tipo de autosuficiencia económica sería el punto de partida para la interdependencia comercial global y supondría una realidad económica muy diferente a la de los regímenes coloniales del pasado, que sometían a los autóctonos con su fuerza extranjera.

Esencialmente, Rifkin propone un desmantelamiento total del abastecimiento de energía a base de combustibles fósiles y su sustitución por pequeños generadores de pilas de combustión de hidrógeno a nivel local o regional: una idea que el profesor I.M. Dharmadasa considera también como modelo correcto para el futuro (aunque imagina que la energía solar desempeñará un papel más importante en la oferta energética). El profesor Dharmadasa apunta que para producir hidrógeno por electrolisis sólo es necesaria una electricidad, en CC, de 1,23 voltios (1,5 voltios incluyendo pérdidas), voltaje hoy disponible en los fotovoltaicos solares existentes³⁰¹. También subraya que la producción de H₂ a larga escala es posible ya, y que sólo se necesita voluntad política para avanzar hacia una economía de hidrógeno.

Estas ideas sobre el hidrógeno como combustible son más poderosas de lo que a primera vista parece. Reemplazar el abastecimiento estatal o público de la energía por un sistema de producción local o doméstica altera el poder político. No sería posible, entonces, para un -gobierno, impulsar artificialmente a la economía nacional sosteniendo las tarifas de la electricidad, ni restringirla practicando subidas de precio. George Monbiot comparte la idea de que se puede pasar de un sistema centralizado de abastecimiento de energía a un modelo distributivo de producción de energía (“un Internet de la energía”, como lo llama) y está claro que las autonomías de energía, individuales o locales, modificarían dramáticamente el equilibrio del poder político en el mundo. Rifkin asegura también que el cambio a favor de un modelo distributivo de producción de energía sería -beneficioso en la lucha contra el cambio climático:

Alejarse totalmente de la generación centralizada de electricidad usando combustibles fósiles para pasar a pilas de combustión de hidrógeno gestionadas por un sistema distributivo –especialmente si el hidrógeno se produce usando energía solar, eólica, hidroeléctrica y geotermal– reduciría más drásticamente las emisiones de CO₂ que ningún otro desarrollo actual.

Por muy atractivo que parezca el modelo de producción distributiva, la energía procedente del hidrógeno está sólo empezando su desarrollo.

El hidrógeno como carburante para los automóviles y los camiones debería ser la primera aplicación extendida de esta tecnología limpia. La web medio-ambiental commutercars.com declara tener confianza en los beneficios que el hidrógeno puede traer para los transportes:

La mejor alternativa limpia a las baterías, mientras sigamos usando motores eléctricos, es la pila de combustión de hidrógeno. Las pilas de hidrógeno son una enorme promesa como fuente de energía para una futura generación de coches.

El hidrógeno se consume por un proceso de reacción química no contaminante –no por combustión– en una pila, que combina, sencillamente, el hidrógeno y el oxígeno, químicamente, para producir electricidad, agua y calor residual. Nada más³⁰².

Ray Kurzweil tiene, como de costumbre, mucha confianza en el futuro de esta energía:

El modelo emergente para almacenar la energía será la pila de combustión, que acabará por ser distribuida a gran escala por nuestra infraestructura, otro ejemplo de la tendencia para pasar de modelos centralizados y frágiles a un sistema distributivo eficaz y estable.

Sin embargo, hay problemas considerables, a resolver, en el desarrollo de la tecnología de la pila de combustión de hidrógeno, aunque los beneficios a largo plazo sean prometedores. Como describe James Canton en *The Extreme Future*:

El hidrógeno presenta otros problemas además de su alto (actualmente) coste. Es un elemento inestable que necesita ser controlado. La producción de hidrógeno requiere el uso de otra energía, como nuclear o petrolífera (o geotérmica). La tecnología necesaria para almacenar y bombear hidrógeno en vehículos resulta todavía primitiva y no es aún adecuada para un amplio uso. Pero ninguno de estos obstáculos es insuperable. El hidrógeno transformará el futuro de la energía y asegurará una fuente de combustible más fiable y segura para los consumidores, los negocios, los transportes colectivos e incluso los viajes en el espacio. El hidrógeno está llegando deprisa.

De aquí a 2035, o incluso antes, el hidrógeno será una alternativa viable a la gasolina y al petróleo, al cubrir hasta el 35% de nuestras necesidades energéticas.

La verdadera dificultad del paso al hidrógeno, como carburante principal del transporte, radica, tal vez, en la falta de infraestructura. El hidrógeno es difícil de distribuir, de alma-

cenar y de transportar en un vehículo a motor. La transformación de las gasolineras en surtidores de hidrógeno será muy cara y llevará mucho tiempo. Por eso, muchos expertos dudan de que tal cambio se consiga para 2030. Jeremy Rifkin apunta las dificultades a vencer antes de que el hidrógeno se convierta en el carburante usual del transporte automóvil de los Estados Unidos:

La cuestión clave para la industria automóvil durante la transición a vehículos de pilas de combustión de hidrógeno es cómo producir, distribuir y almacenar, de modo competitivo con la gasolina. Algunos estudios calculan que costaría más de 100 mil millones de dólares crear una infraestructura nacional de producción y distribución de hidrógeno al por mayor. “La cuestión del hidrógeno” se parece al dilema de “el huevo y la gallina”. Las empresas de automóviles dudan en producir vehículos de pilas de combustión de hidrógeno temiendo que los productores de carburante no inviertan en millares de estaciones de servicio de hidrógeno. Por eso, las compañías de automóviles apuestan por la fabricación de coches de pilas de combustión con transformadores integrados que puedan transformar la gasolina y el gas natural en hidrógeno. Las empresas energéticas, a su vez, están nerviosas con la idea de invertir miles de millones de dólares en la creación de una infraestructura nacional de surtidores de hidrógeno con los pocos coches de pilas de combustión de hidrógeno que se construyen y se venden.

La penúltima palabra sobre el futuro del hidrógeno como carburante para el transporte la tiene George Monbiot que,

a pesar de un optimismo general en cuanto al hidrógeno a largo plazo, es muy realista al tratar los problemas a vencer antes de llegar a su uso generalizado:

El problema más inmediato es que el hidrógeno no está disponible en las gasolineras. Los propietarios de coches de pilas de combustión deben estar seguros de poder encontrar hidrógeno cuando su depósito se vacíe. Las gasolineras no lo distribuirán sin estar seguras de que van a tener un mercado, y el mercado no se puede desarrollar hasta que haya abastecimiento.

Se añade a esto el problema del almacenaje para los propietarios que producen, ellos mismos, su propio hidrógeno. Los coches deberían llevarlo consigo. Aunque el gas es tres veces más energéticamente denso que la gasolina, en peso, sólo lo es una décima parte en volumen, a una presión de 5.000 libras por pulgada cuadrada.

Significaría que, para recorrer la misma distancia, un vehículo impulsado por hidrógeno debería tener un depósito diez veces más presurizado que el de otro impulsado por petróleo. Los depósitos a alta presión tardarían mucho tiempo en llenarse y podrían ser peligrosos.

La última palabra de esta sección sobre la energía de hidrógeno para transporte la tiene nuestro amigo “el comodín”: la aceleración exponencial del desarrollo tecnológico. Mientras que los analistas de la energía y los futurólogos se rompen la cabeza buscando cómo convertir los coches y las

estaciones de servicio para transportar y almacenar un gas (o líquido) tan “complicado”, un profesor de la Universidad de Purdue, en los Estados Unidos ha anunciado el desarrollo de una nueva tecnología para generar hidrógeno “en tiempo real” (de forma continua), a partir de agua, usando aluminio. Si este anuncio resulta tener el potencial sugerido (aunque el concepto ya ha sido patentado, queda ese gran “si...”), los coches sólo transportarán agua, pequeñas cantidades de aluminio y una fuente de electricidad de baja tensión, para producir su propio hidrógeno mientras viajan:

El profesor Jerry Woodall, de la Universidad de Purdue, ha descubierto una nueva técnica para fabricar hidrógeno por una reacción entre el agua y una aleación de aluminio y galio. Según dice, la técnica de producción elimina la necesidad de almacenar el hidrógeno. La mezcla del agua y la aleación en un recipiente puede producir carburante para un pequeño motor, y, presumiblemente, para un coche.

El proceso, junto con otros desarrollos recientes vinculados con el hidrógeno, podría contrarrestar las críticas sobre el hidrógeno como fuente de carburante para las próximas décadas³⁰³.

Dejando aparte las dificultades de almacenaje del hidrógeno en los vehículos y los problemas de infraestructura del abastecimiento, el hidrógeno como combustible de uso doméstico –sobre todo cuando la electricidad necesaria para producir hidrógeno procede de fuentes renovables como la solar o la eólica– tiene un destacable –futuro. Como explica Jeremy Rifkin:

El aspecto más importante del uso de los recursos renovables para producir hidrógeno es que las energías (solares, eólicas, hidroeléctricas y geotérmicas) serán convertibles en una energía “almacenada”, que puede aplicarse en forma concentrada donde y cuando sea necesario, con cero emisiones de CO₂. Hay que insistir en este punto. Un futuro de energía renovable es menos accesible, casi imposible, sin usar hidrógeno como medio para almacenar la energía. Porque cuando cualquier forma de energía está condicionada a la producción de electricidad, la electricidad fluye inmediatamente. Así, si el sol no brilla, el viento no sopla, o los combustibles fósiles no están disponibles, no se puede generar electricidad y la actividad económica se para. El hidrógeno es un camino muy atractivo para almacenar energía que asegure la provisión continua y perenne de electricidad a la sociedad.

Otras fuentes renovables y sostenibles de energía

Quiero ser breve y, por eso, sin quitarles importancia, reúno aquí, en esta sección del estudio, las demás formas de energía renovable y sostenible.

Empiezo por las perspectivas de la energía hidroeléctrica. Si se considera que las poblaciones han de desplazarse, a menudo, por las instalaciones hidroeléctricas, dado el impacto medioambiental de la construcción de presas, la energía hidroeléctrica es una fuente bastante limpia de energía,

pero desgraciadamente (o afortunadamente) es ya exhaustivamente explotada en Europa.

Puede sorprender que describa aquí la energía hidroeléctrica sólo como “bastante” limpia. Pero ocurre que el metano se acumula en el fondo del depósito creado por la presa, y cuando se suelta el agua para impulsar la turbina que produce la electricidad, ese metano (potente gas de efecto invernadero) se desprende a la atmósfera. Afortunadamente, investigadores brasileños han desarrollado hace poco una técnica que podría ayudar a extraer el metano del fondo de los depósitos y usarlo en la producción de electricidad³⁰⁴.

La energía geotérmica (recuperación del calor de las capas rocosas) es totalmente limpia, pero en Europa las únicas regiones que tienen un subsuelo accesible provisto de calor en cantidad son Islandia y Suiza. Como subraya el gobierno suizo:

Suiza encabeza, en la actualidad, la utilización de detectores geotérmicos. En proporción a su superficie, ningún otro país ha instalado tantos.

Las fuentes subterráneas de agua caliente (acuíferas), pueden ser alcanzadas por perforación, y la energía puede obtenerse de las capas rocosas secas con la ayuda de sistemas de tecnología geotérmica mejorada. Con temperaturas por encima de 100° C, esas fuentes de energía pueden usarse para producir electricidad, y el calor residual puede usarse en calefacción.³⁰⁵

Islandia planea vender la energía producida por calor geotérmico tanto al Reino Unido como a otros clientes europeos. Decía el *Times* en mayo de 2007:

Los calientes cráteres volcánicos de Islandia podrían proporcionar electricidad a Europa continental y a Inglaterra si el esquema de oleoductos para la energía geotérmica bajo el Mar del Norte fuera un acierto.

El mismo intenso calor que originan los barros hirvientes y los géiseres –humeantes en la superficie lunar de Islandia podrá utilizarse para producir vapor con el fin de propulsar las turbinas, lo que generaría suficiente energía como para dotar de electricidad a 1,5 millones de hogares en Europa.³⁰⁶

A través del mundo, los Estados Unidos y Australia tienen buenas oportunidades de explotación de energía geotérmica, aunque ambos se sitúan entre los más contaminantes por las emisiones de sus combustibles fósiles y deberían ser animados a aumentar la explotación de esa fuente de energía limpia. *The Australian* decía en marzo de 2007:

Adrian Williams, dirigente de la empresa de desarrollo geotérmico Geodynamics, declaró ayer que los principales recursos geotérmicos de Australia están en la cuenca Cooper, al sur del país. Dijo que el principal pozo terrestre para capturar energía geotérmica sería perforado este mismo año, liderando la primera comercialización de tecnología –una central eléctrica de 40 Mw– de aquí a 2010.

El Dr. Williams declaró que Australia podría producir hasta 4.500 Mw de energía geotérmica de aquí a 2030, cerca del 10% de la demanda actual.³⁰⁷

El escritor australiano Tim Flannery estima que Australia tiene bastante energía geotérmica accesible para subvenir a las necesidades energéticas del país durante un siglo.³⁰⁸

La energía de los océanos (olas y mareas) ofrece también algunas oportunidades de producción de electricidad a los países que tienen costas. En abril de 2007, *The Economist* definía las futuras perspectivas de esa energía:

Una fracción de la energía de los océanos podría, en teoría, cubrir las necesidades mundiales de electricidad. La extracción de la energía hidroeléctrica de los ríos, con presas, es bastante fácil en comparación con la recuperación de la energía de las olas y de las mareas de altamar, procediendo luego a su distribución por medio de cables submarinos. Sólo 14 países gestionan, en la actualidad, centrales eléctricas movidas por las olas o las mareas, y la mayoría son minúsculas, experimentales y costosas.³⁰⁹

En Escocia, el primer proyecto de captura de energía de las mareas en el mundo, fue anunciado por *The Scotsman* en marzo de 2007:

Escocia va a liderar en el mundo el dominio de una nueva forma de energía limpia, gracias a la primera central eléctrica sobre el planeta movida por las mareas.

Lunar Energy, una empresa escocesa líder en energía renovable acaba de asociarse con E.ON UK, la compañía que gestiona Powergen, para anunciar su plan pionero de desarrollar un parque submarino de energía eléctrica a la altura de la costa oeste de Inglaterra en los próximos dos años.

Este sistema eléctrico submarino podrá generar hasta 8 Mw de electricidad, lo suficiente para abastecer a 5.000 hogares.³¹⁰

Y en septiembre de 2007, el Reino Unido autorizó la construcción del “*Wave Hub*”, un proyecto de 28 millones de libras, a la altura de la costa norte de Cornualles, que proveerá de un “enchufe en el fondo del mar” para encaminar la electricidad producida por generadores movidos por las mareas hasta las costas. Los 30 generadores movidos por las mareas proporcionarán hasta 20 Mw.

Conclusión sobre el futuro energético

El dinero fluye ahora hacia lo que se llama “*Clean tech*” (fuentes de energía y tecnologías de producción con cero emisiones de carbono o “*carbóno lite*”) a un nivel sin precedentes y, cuando las inversiones avanzan, el progreso sigue. Como decía el *New York Times* en abril de 2007:

El dinero se vierte en las compañías de energías alternativas, y llega tan rápido que “las primeras señales de una burbuja están apareciendo”, según un

informe sobre inversiones en tecnología limpia de la firma de investigación Lux Research, de Nueva York.

El informe sugiere también que las compañías que fabrican equipos para limpiar el aire o el agua, o tratar los residuos, han sido menospreciadas por los inversores.³¹¹

Algunos interesantes y pocos conocidos desarrollos están brotando en el campo de los plásticos, mientras los científicos buscan medios de dominio y recuperación de la energía, para luchar contra la escasez que amenaza nuestro porvenir. Por ejemplo, este artículo publicado en junio de 2007 en pr-inside.com:

En un esfuerzo para desarrollar nuevas fuentes de energía sostenible, los investigadores de la Universidad de Polytechnic, la primera gran escuela de tecnología y de ingeniería de Nueva York, crearon un plástico que puede ser transformado en biodiesel. La *Defense Advanced Research Projects Agency* otorgó 2,34 millones de dólares a los investigadores para que avanzaran en esta innovadora tecnología y la transfirieran a la industria. La comercialización de esa tecnología llevará una nueva fuente de energía verde a los hogares en el mundo entero.³¹²

Y, a nivel individual, los humanos están probando ya que la autosuficiencia energética es posible, una lección por la que tendríamos que interesarnos todos. Como en la pequeña historia de greenoptions.com, incluso los coches movi-

dos por hidrógeno pueden participar hoy de las opciones de energía sostenible:

Mike Strizki no paga factura por su consumo de energía, gracias a una creativa reflexión sobre el uso de ciertas tecnologías de energía renovable. Utilizando paneles solares, pilas de combustión de hidrógeno, contenedores de almacenaje y electrolisis, él tiene bastante electricidad incluso cuando el día está nublado. Y Strizki no tiene nada que ver con un ermitaño que vive en la oscuridad y que sobrevive comiendo caracoles y bebiendo agua de lluvia. Su casa de 320 m² se sitúa en el centro de New-Jersey, con 5 hectáreas, y con todo lo que hay en una casa del siglo XXI: hasta jacuzzi y pantalla de plasma. Su sistema de producción de energía renovable incluso fabrica hidrógeno para que funcione su coche de pilas de combustión.³¹³

Hay tecnologías más radicales que abren la esperanza, si no prometen, a una tecnología limpia, abundante y barata, en un futuro a largo plazo. La más famosa es la “fusión fría”, un concepto teórico que sugiere que la potencia de la fusión (la misma reacción nuclear que alimenta al sol) podría ser alcanzada casi a temperatura ambiente. Fue una falsa alarma, pero la realización de este proceso galvanizó a la comunidad científica en 1989. Desde que fracasó, pocos científicos han querido admitir que trabajaban en un campo tan poco claro.

Sin embargo, en un libro publicado en 2001, ‘The Scientist, The Madman, The Thief and Their Lightbulb,’ el autor, Keith Tuut³¹⁴ escribió lo siguiente acerca de la fusión fría:

¿Cuál fue el verdadero final verdadero de la historia? Y, ¿era la historia verídica? Si es así, ¿por qué los laboratorios de, al menos, ocho países, siguen gastando millones en la investigación de la fusión fría? Y, si la fusión fría es imposible, ¿cómo puede ser que haya centenares de investigaciones documentadas que demuestran que los efectos de la fusión fría son reales? ¿Cómo puede ser que haya, constantemente, pruebas relevantes de que un pequeño grupo de científicos ya ha adelantado mucho en el camino hacia una fuente de energía comercial y viable? ¿Es posible que una pequeña parte del *establishment* científico –aparte una tecnología tan prometedora?

Dejemos a un lado la teoría de la conspiración para el fracaso (aparente) de la fusión fría, y consideremos que hay organizaciones científicas altamente respetadas están ahora haciendo bien publicitados progresos en el desarrollo de componentes para un reactor de fusión caliente. Al contrario de las centrales nucleares actuales, que producen energía por fisión nuclear, una central de fusión nuclear no produciría radioactividad, ni tampoco CO₂. En abril de 2007, *Sandia National Laboratories* (organización para la investigación y el desarrollo patrocinada por el gobierno americano) anunció un importante avance en la realización de un reactor de fusión experimental:

El concepto de “fusión nuclear” (y no de “fisión nuclear”, usada en los reactores nucleares de hoy) es el Santo Grial de los investigadores en energía. La fusión es el proceso atómico que alimenta al sol, y si fuera posible reproducir ese proceso sobre la tierra,

la humanidad tendría una fuente de energía limpia, ilimitada y sin peligro (sin riesgo de radioactividad, ni de emisiones de CO₂).

El 24 de abril, *Sandia National Laboratories* anunció que había desarrollado un circuito eléctrico que podía llevar suficiente electricidad para lograr el objetivo tan deseado de la fusión nuclear controlada de alto rendimiento, y que podía conseguir, hecho importante, hacerlo cada 10 segundos. El aparato ha sido sometido, extensamente, a pruebas preliminares y a simulaciones sobre ordenador en los despachos de la *Sandia National Laboratories*.

Activada repetidamente, la máquina podría ser el aparato de fusión que actuara como base de una central eléctrica, a mediados de los años 20.³¹⁵

De aquí a 2030, la limpia energía de fusión debería ser una realidad y constituir el modelo con el cual producir nuestra energía siglo adelante. En 2005 se concluyó un acuerdo y se destinaron fondos internacionales a la construcción del primer reactor de fusión en Francia. Como decía la BBC en la época:

Se ha tomado, por fin, una decisión sobre la ubicación del reactor de fusión nuclear Iter, con un presupuesto de 10 mil millones de euros (6,6 mil millones de libras), en Cadarache, Francia. El anuncio, en junio de 2005, acabó con las largas polémicas entre los compañeros de proyecto: la Unión Europea, los Estados Unidos, el Japón, Rusia, China y Corea del

Sur. India también se ha unido al proyecto desde entonces.

Iter es un reactor experimental que intentará reproducir sobre la tierra las reacciones nucleares que alimentan al sol y a otras estrellas. Permitirá consolidar el saber adquirido durante décadas de estudio. Si funciona, y las tecnologías prueban su practicidad, la comunidad internacional construirá un prototipo comercial del reactor, apodado DEMO. El último paso sería extender la tecnología de la fusión a través del globo.³¹⁶

Parece que, como siempre, el ingenio humano y el desarrollo tecnológico resolverán la preocupante crisis energética a que se enfrenta el género humano. Lo importante es saber a qué velocidad seremos capaces de sustituir los combustibles fósiles emisores de carbono por fuentes de energía limpias y compatibles con el medio ambiente. Mi impresión es que, de aquí a 2030, más del 50% de nuestra energía (en todas sus formas) procederá de tales fuentes.



Capítulo 4

La vida cotidiana en 2030





En muchos aspectos, la vida cotidiana en el año 2030 se habrá transformado tanto que si, por magia, pudiéramos “teletransportarnos” desde hoy hasta entonces, encontraríamos el mundo desarrollado como algo casi irreconocible.

De aquí a 2030, cada coche que circule por carreteras principales estará controlado tanto por satélite como por sistemas en las cunetas a lo largo del camino, y muchos coches se auto-conducirán. Aparte de la necesidad de reducir el –gran índice de mortalidad por accidentes en carretera¹– y la de conseguir meter muchos más coches en las abarrotadas carreteras –habrá más seguridad gracias a los sistemas de navegación de los coches y de automatización del tráfico, a pesar de las pésimas condiciones meteorológicas que imperarán, muy probable y constantemente, dentro de 25 años.

Los vehículos (excepto los antiguos o de colección) producirán pocas, o ninguna, emisiones de carbono. La mayor parte de las grandes ciudades combatirán la congestión con peajes de acceso y, en los países con serios problemas de atasco, tales peajes se multiplicarán.

En nuestros hogares, escuelas, fábricas, tiendas y centros de ocio, robots dotados de inteligencia serán –esclavos nuestros, creando riqueza, facilitándonos la vida, atendiendo a

nuestras necesidades y vigilando nuestra seguridad. Seres programados que serán nuestros amigos y ayudantes.

Nuestra energía vendrá de una mezcla de fuentes de combustibles fósiles de baja emisión de carbono, fuentes de energía renovable y generación individual de energías eólicas, solar, por biocombustibles y por pilas de hidrógeno.

De aquí a 2030, estaremos permanentemente conectados a una “super-web” –que hoy solo podemos imaginar– y esa conexión será (para aquellos que elijan llevar a cabo la transición) una interfaz bio-digital. Como mínimo, nuestros sentidos estarán conectados a la super-web por micrófonos y mini-proyectores, y quizá –algunos de entre nosotros hayan conexiones neuronales directas desde sus cerebros al “cerebro global”– o super-web. Nuestras comunicaciones y nuestros entretenimientos serán totalmente “inmersoriales”, multi-mediatisados, multi-sensoriales, en 3D, holográficos y totalmente táctiles, telekinéticos y olfativos.

De aquí a 2030, tendremos unos *alter ego* que vivirán nuestra vida en paralelo en mundos virtuales. Todavía no tienen ustedes un ‘avatar’ (una representación gráfica de la personalidad que han elegido) paseándose por *Second Life* (un mundo virtual y paralelo) pero, dentro de unos años, se preguntarán cómo hacían antes, sin disponer de espacios personales en mundos paralelos en línea.

Me convencí, hace mucho tiempo, de que los humanos somos, ante todo, criaturas virtuales. El idioma es virtual –una colección arbitraria de sonidos que la comunidad aceptó y dotó de sentido. La pintura, la escritura, el dine-

ro y la música son tecnologías virtuales para expresarnos al mundo de nuestro alrededor, para generar placer, para conservar los conocimientos y para guardar los valores. Incluso los colores no existen de por sí; son nuestros cerebros los que proporcionan los tonos: rojo, verde y azul, y las sutiles combinaciones de ellos que percibimos. Fuera de nuestras cabezas sólo hay oscilantes ondas de luz.

Somos tan virtuales que yo creo que nuestra especie estaría mejor descrita como *homo virtualis* que como *homo sapiens*, y esta razón evolutiva me asegura que todos pasaremos una gran parte de nuestra vida en mundos paralelos: en definitiva, es nuestro hábitat natural.

En 2002, Jeremy Rifkin ya veía surgir esta tendencia entre los jóvenes:

Mientras las generaciones anteriores definían la libertad en términos de autonomía y exclusividad –cada persona es una isla independiente– los niños de Internet han crecido en un medio ambiente muy diferente, en el que la autonomía representa (si se piensa en ella) el ensimismamiento y la muerte, y en el que la libertad se entiende mejor como un derecho a ser incluido en relaciones múltiples. Sus identidades, en realidad, están vinculadas a las redes en que participan. Para ellos, el tiempo es virtualmente simultáneo, y las distancias importan poco. Están cada vez más conectados a todo y a todos por un sistema nervioso central electrónico en el que cabe el planeta entero y que, a su vez, intenta incluirlo todo virtualmente. Día tras día, los niños se involucran más pro-

fundamente en un gran organismo social, en el que las nociones de autonomía personal y la sensación de movilidad ilimitada están rodeadas por una densidad y una interactividad puras, que unen firmemente a todo el mundo.

Si usted no se ha inscrito en *Second Life*³¹⁷, *My Space*³¹⁸, *3B.net*³¹⁹, *Facebook*³²⁰, o alguna de las webs que proponen mundos alternativos “de ficción” y “de no-ficción”, me jugaría algo a que sus niños ya están registrados. Es algo generacional. Si usted desea conocer el futuro, observe a sus niños.

En el caso en que usted nunca hubiera oído hablar de *Second Life*, he aquí una escueta descripción, propuesta por la *MIT Technology Review*:

Second Life que arrancó hace cuatro años como un espacio de un kilómetro cuadrado con 500 residentes, ha crecido hasta casi 600 kilómetros cuadrados de territorio, extendidos sobre tres minicontinentes, con 6,9 millones de usuarios registrados y entre 30.000 y 40.000 usuarios en línea a cada momento. Es un mundo con cantos de pájaro, con agua ondulante, con centros comerciales, con impuestos sobre el patrimonio y con dinamismo realista.

La vida allí tiene tanta variedad como la nuestra. “Ayudo a nuevos ciudadanos, alquilo casas de mis espacios libres, tengo vida social”, explica un adepto de toda la vida a *Second Life* cuyo ‘avatar’ es Alan Cyr. “Bailo mucho mejor que en la vida real. Contemplo

la salida y la puesta del sol, nado, exploro y paseo por mi *Second Life Segway*. Casi todo al azar”.³²²

Y, sólo unos meses después, un corresponsal de *The Guardian*, escribía, en julio de 2007:

Esta ciudad es un ‘boom’ sin precedentes en la Historia. En menos de cuatro años, *Second Life*, la metrópoli virtual donde todos pueden convertirse en “cyber-ciudadano” con una suscripción sencilla, pasó de ser nada a ser una ciudad con cuatro veces el área de Manhattan, frecuentada por más de 8 millones de personas. Su población se expande enormemente y el precio inmobiliario alcanza récords, mientras los terrenos virtuales se venden en “dólares Linden”, que también se pueden cambiar por dólares americanos.³²³

No cabe duda de que los mundos virtuales desempeñarán un papel principal, no sólo en nuestra vida social, sino también en los negocios, en la política y en todas las esferas de la actividad humana.

I.B.M. organiza regularmente reuniones³²⁴ con clientes de *Second Life*, y la compañía sostiene son más eficaces que las videoconferencias clásicas. Además, la sociedad ha observado que, después de una reunión en *Second Life*, los “avatares” participantes continúan hablando, como lo harían en reuniones reales^m.

^m La Iglesia Católica Romana ya ha enviado misioneros jesuitas al paralelo mundo de *Second Life* para salvar a las almas virtuales.

De aquí a 2030, habrá una plétora de mundos alternativos, todos multisensoriales, en 3D e incluso holográficos. Será casi imposible notar la diferencia entre una experiencia real y otra virtual, y muchos de nosotros nos comprometeremos con el mundo real y con otros varios mundos virtuales (con otros avatares de nosotros mismos) todo al mismo tiempo.

Ya en nuestras vidas virtuales futuras, podremos entender, hablar y escribir todos los idiomas, puesto que los ordenadores super-inteligentes, inmersos en nuestros cuerpos y en la red, traducirán voz y escritura simultáneamenteⁿ.

Otros aspectos de la vida cotidiana de 2030 se parecerán a los de hoy. Seguiremos viviendo en casas o pisos (aunque las propiedades antiguas se habrán renovado al máximo de eficiencia energética), los niños irán al colegio (la dinámica interpersonal entre niños y profesores y entre niños y amigos es una parte vital de la educación que no puede ser sustituida por las comunicaciones virtuales) y es de esperar que dispondremos todavía de todas las instituciones políticas, legales y sociales que definen la economía desarrollada civilizada: parlamentos, leyes, policía, medios independientes, hospitales, universidades, etc.

Como apuntaba el famoso futurólogo americano John Naisbitt en su libro, publicado en 2006, *Mind Set! Reset your Thinking and See the Future*:

ⁿ Ford Motor Co. empezó a usar un *software* de traducción automática en 1998 y ha traducido hasta 5 millones de instrucciones para conjuntos automóbiles al español, al alemán, al portugués y al español de México. Los manuales se actualizan en inglés –unas 5.000 páginas al día– y se transmiten de noche a las fábricas en el mundo entero.

Si los móviles pueden ofrecer televisión, y las llamadas se hacen via Internet, su bañera se llenará cuando usted se desvista o su nevera se abrirá cuando sus tripas suenen. Son modos distintos de hacer lo mismo que ahora –más fáciles, más rápidos, más adecuados– pero no son la base de nuestra vida. Vamos a la escuela, nos casamos, tenemos niños y los mandamos a la escuela. El hogar, la familia y el trabajo son las grandes constantes.

Pero aunque esas “grandes constantes” se mantengan en 2030 (cambiarán más adelante en el siglo), es difícil imaginar la esencia de la vida dentro de una veintena larga de años. Los futurólogos miramos a menudo hacia atrás para ayudarnos a imaginar el futuro y, al recordar la vida de principios de los 80, podemos dejar constancia de que la vida hoy es muy diferente a la de la época del pelo largo, las camisas con hombreras reforzadas y los éxitos musicales: *Tears for Fears*, *Spandau Ballet* y *Orchestral Maneuvres in the Dark*.

¿Cuántos e-mails envió usted en 1982 y que tipo de ordenador tenía? ¿De qué tipo de móvil disponía, cuántas cadenas podía ver en la TV y de qué tamaño y forma era la pantalla? ¿Cuántos DVDs compraba o alquilaba? ¿Cuántos *airbags* y qué sistema de GPS tenía su coche? ¿Ponía gasolina sin plomo o diesel? ¿Cuántos vuelos *low-cost* hacía al año? ¿Cuántas fotos digitales sacaba y cuánto dinero gastaba *online* al año? ¿Qué parte de su alimentación estaba certificada como “bio” y cuántos amigos suyos, o familiares, fumaban? ¿Pensaba en el cambio climático, en el medio ambiente o en el reciclado? Y, ¿qué porcentaje de sus bienes o de su

ropa estaba fabricado localmente o importado de países de economía pobre?

La mayor parte de la gente coincidirá en que en el mundo desarrollado ha habido muchos cambios tecnológicos y sociales a lo largo de los últimos 25 años, y en que para imaginar lo que será la vida en 2030 debemos recordar la aceleración exponencial del desarrollo tecnológico. Este fenómeno implica que disfrutaremos (o padeceremos, según el punto de vista de cada uno) tantos desarrollos tecnológicos dentro de 8 años como a lo largo de los 20 últimos. Y lo de “exponencial”, que quiere decir eso, exponencial, nos hará ver más cambios durante los próximos cuatro o cinco años, y, muchos más aún, en los 2 o 3 años siguientes.

Por eso, cuando lleguemos a 2030 (sin duda exhaustos y sin respiración, pero quizá también alegres y entusiastas) habremos visto tantos progresos y tantos nuevos desarrollos tecnológicos como los que vimos durante todo el siglo XX. Y a lo largo del siglo XXI, veremos el equivalente a 20.000 años de desarrollo tecnológico y de progresos, con el ritmo actual (2007) de progreso tecnológico.

A menudo me preguntan por mi optimismo relativo al futuro, cuando hay tantos indicadores que indican los serios problemas que amenazan con asolar el mundo. ¿Por qué no reacciono ante las consecuencias del régimen comunista de China, un salto negativo contra el capitalismo y el consumismo que podría desestabilizar los mercados y la Bolsa y desembocar en una recesión global y masiva? ¿Por qué no considero la posibilidad de que la secular y modernizada Turquía pueda ir hacia atrás hasta hallarse bajo la depen-

dencia de los fundamentalistas islámicos, algo que podría trastornar todo el equilibrio político del Medio-Oriente? ¿Y por qué no me preocupa la posibilidad de que Irán o Corea del Norte avancen en el desarrollo de armamento nuclear, que podrían utilizar?

Contestaría diciendo que soy consciente de todo ello, y que quizá alguna de esas posibilidades ocurra, pero una perspectiva a largo plazo de la historia humana subraya mejoras constantes y sustanciales en las condiciones de vida, y no se puede negar una tendencia tan evidente. Como observa John Naisbitt:

La historia de la civilización muestra que las cosas mejoran. La esperanza de vida, las condiciones de existencia y la libertad de elección han avanzado durante el milenio, a pesar de los reveses y los problemas.

Por eso, y en particular por los sustanciales progresos en: la reducción de la pobreza, el seguro médico y la creación de riqueza por los resultados comerciales de la última mitad del siglo, veo el futuro inmediato con un firme, aunque realista, optimismo. Cualquiera de los acontecimientos que he mencionado podría ocurrir (y hay muchos otros potenciales que he omitido) y el progreso mundial conocerá, sin duda, algún revés importante en el siglo XXI, como ocurrió en los siglos anteriores. Pero los futurólogos localizamos las tendencias, identificamos las más poderosas corrientes del presente y del pasado inmediato, y extrapolamos sus trayectorias probables hacia el futuro. Hoy, la corriente dominante es la aceleración exponencial del desarrollo tecnológico, y ese fenómeno será

el que más inflencie nuestras vidas durante la próxima generación.

La sociedad vigilante

La vida en 2030 seguirá inmersa en sociedades vigiladas, al menos en los países desarrollados. Si les angustia esta predicción, que parece emanar de Orwell, es necesario separar el concepto del *Gran Hermano* del uso de las cámaras de vigilancia para reforzar la seguridad. En la lucha entre la necesidad por la intimidad individual y la necesidad de seguridad en la sociedad, triunfa la orientación hacia la seguridad.

En 2001, comentando la atrocidad terrorista de Nueva York del 11 de septiembre, *Wired Magazine* animaba a sus lectores a que dejaran de ofenderse por la vigilancia de los espacios públicos:

Les localizan gracias a su móvil. Las cámaras espían su más mínimo gesto. Las tarjetas de transporte en metro tienen memoria. Sacrificamos habitualmente nuestra intimidad, pero es por la conveniencia y la seguridad. Entonces, olviden su preocupación. Y sonrían porque van a salir en primer plano.

El ataque terrorista contra América alteró el equilibrio entre vida privada y seguridad. Lo que se consideraba orwelliano hace una semana, parece perfectamente razonable –(incluso necesario) hoy. Los políticos

que, rutinariamente, se peleaban, ahora parecen ir en fila, unidos.³²⁵

A pesar de la necesidad de seguridad en nuestro mundo amenazado por el terrorismo, el incremento del número de cámaras en puntos neurálgicos de las ciudades, en los centros comerciales, en las autopistas, en los aeropuertos, en las estaciones de ferrocarril y en otros lugares frecuentados, provocará limitaciones, sin duda, en nuestros derechos, y traerá algunos problemas potencialmente serios.

A la gente le indigna la proliferación de tecnologías de vigilancia (no sólo las cámaras) porque sospecha que nadie mira ni los millones de imágenes ni los montones de información almacenados (aunque haya algún problema concreto), pero el *Gran Hermano* (en este caso el Estado) es más un tonto simpático que un manipulador siniestro de las vidas individuales. El fracaso de la policía cuando se trata de identificar y prender a muchos criminales (a pesar de la tecnología disponible) muestra qué poco se amenazan los derechos y las libertades individuales.

Pero eso podría cambiar –nunca se puede descartar nada en política. Por tal razón, antes de 2030 debemos reforzar nuestras leyes nacionales y federales para controlar el acceso a la información y desarrollar reglas de uso más estrictas. Considerando que un móvil transmite a la red su localización 800 veces por segundo, es evidente que los detalles de nuestro movimiento público están disponibles. Los sistemas de pago radio-identificados (RFID) como la tarjeta de transporte *Oyster Card*, utilizada en la red de transportes londinenses, genera una completa base de datos sobre nuestros

movimientos en el seno de la red. En 2030 las redes personales, locales, nacionales y globales registrarán cada movimiento.

Formaremos parte, entonces, de un equipo de vigilancia, como ocurre en el *Gran Hermano*, grabando nuestros desplazamientos desde que salgamos de casa. No nos mirarán porque les gustemos, ni por los niños que llevamos a la escuela, ni porque vayamos a una cita de negocios, sino, más bien, por razones de seguridad personal y familiar^o.

El coste de almacenaje de los datos digitales descendió enormemente en estos últimos años y la capacidad de memoria disponible para el almacenado aumentó siguiendo la ley de aceleración exponencial del desarrollo tecnológico. En 2030 los sistemas informáticos de almacenaje ofrecerán tanto espacio que el coste para grabar todo será casi infinitesimal.

Tendremos, entonces, cámaras y micrófonos integrados en nuestra ropa (o sobre pins, broches, o joyas) para grabar permanentemente nuestros desplazamientos, y las imágenes se mandarán, por inalámbrico, a un sistema de almacenaje a distancia, vía la super-web o el omnipresente “Internet del aire“, una red de redes tan disponible como el oxígeno (aunque tal vez más costosa). Sólo miraremos estas imágenes, fechadas y certificadas, si ocurre un incidente (y cada criminal potencial sabrá que cada ciudadano está conectado y es seguido).

^o El Reino Unido es la sociedad más adelantada en el mundo con 4,2 millones de cámaras CCTV desplegadas : la policía británica y las guardias de parking graban sin cesar durante su ejercicio. Otros organismos policíacos en el mundo seguirán la misma vía.

Si tenemos un accidente de coche (por una carretera no automatizada en cuneta), nuestro sistema de captura de imágenes en vídeo, a 360°, proporcionará pruebas tangibles de a quién corresponde la responsabilidad de lo ocurrido. Si nos encontramos amenazados por algo, o alguien, nos tranquilizará saber que se nos “sigue” gracias a nuestras transmisiones permanentes a la “base”. Estos amplios bancos de datos (la mayoría de los cuales nunca se recuperará) estarán disponibles (bajo condiciones legales estrictas) para enriquecer la información grabada sobre el terreno por la policía y los servicios de seguridad.

Los sistemas de vigilancia familiar para el aumento de la seguridad de nuestros niños, y de los vulnerables en la sociedad, proporcionan otra causa importante para grabar y almacenar nuestros desplazamientos fuera de casa. En sus puestos de trabajo (en oficina o fábrica) los padres, preocupados por su prole, pueden verla a través de las *web-cams* en las guarderías³²⁶, una tendencia que revela cómo vigilamos a nuestros niños hoy en día. Todos los niños dispondrán de aparatos, sin nombre todavía, pero con funcionalidades que existen ya en algunos móviles. Saber dónde se encuentra su niño (con sistemas que se conectan automáticamente a un servicio que verifica que el niño está –o no está– dónde tiene que estar, en un momento dado) sosegará mucho a los padres que trabajan.

Sistemas similares vigilarán a los más vulnerables, a los ancianos, a los enfermos, a la gente frágil, ofreciendo más seguridad y comodidades, tanto a ellos como a los que les cuidan. Como describo en el próximo capítulo: “Salud humana y longevidad”, esos sistemas vigilarán también las se-

ñales vitales de los usuarios; y proporcionarán cuidados y asistencia médica inmediata.

Otro gran motor para que se graben continuamente las intermediaciones personales será la necesidad de las empresas de tener grabadas sus actividades para protegerse legalmente y, más aún, para generar nuevas formas de obtención de riqueza, lo que yo llamo el “proceso comercial del capital intelectual”. Esta –definición rimbombante (útil, porque no tengo otra por el momento) se refiere a las compañías que graban cómo hacen lo que hacen. Por ejemplo, cuando se construye una fábrica nueva en México, cada reunión con los representantes oficiales, con los constructores, con los maestros de obra, con los arquitectos, con los ecologistas, con los sindicatos y con todos el que sea, se grabará y se almacenará en la base de datos de la sociedad. Cada componente usado para la construcción de la fábrica comunicará su localización y su condición a la misma base de datos y cada diseño, e-mail, llamada o SMS será almacenado también (todos interactivamente conectados por codificación semántica y puestos al día automáticamente).

Cuando se acabe el proyecto, la fábrica habrá costado 600 millones de dólares. Pero, ¿se imaginan el valor potencial de todos esos datos para otra sociedad que desee también construir una fábrica en México? Este tipo de información tendrá un gran valor y ya hay unas oficinas de auditoría contable que trabajan, en la actualidad, para definir cómo evaluar y mantener esos “procesos comerciales de capital intelectual” antes de que esté permitida esa novedosa forma de sanear la presentación de los balances de las sociedades.

Tales nuevas formas de riqueza serán generadas por casi todas las organizaciones, tanto si diseñan parques de golf como si producen productos de plásticos como si instalan reguladores de tráfico por la ciudad. Si todos los esfuerzos para diseñar e instalar el sistema de regulación del tráfico de Londres hubieran sido almacenados en ese tipo de base de datos (tanto los fallos como los logros a lo largo de la ejecución), imagínense el valor que esas informaciones tendrían para otras ciudades que deseen hacer lo mismo. Y el contribuyente londinense habría tenido una ganancia adicional a su inversión.

Así, por nuestra necesidad de incrementar la seguridad y por las nuevas formas de generación de riqueza empresarial, nos acostumbraremos a vivir en una sociedad “siempre en marcha, siempre conectada”, que está grabando permanentemente. En 2030, sólo podremos elegir apretar el botón “stop” en nuestra esfera privada.

Trabajo y ocio

Hace 50 años, se predecía que la tecnología automática produciría tanta riqueza y tiempo libre que en el año 2000 los habitantes de los países desarrollados sólo trabajarían un par de días a la semana (como máximo).

Estas predicciones fueron inducidas por el primer libro de Kurt Vonnegut, *‘Player Piano’*³²⁷, publicado en 1952. Contaba la historia de un mundo en el que los ordenadores y el automatismo habían mejorado tanto la eficiencia de la produc-

ción que muy poca gente necesitaba trabajar, un mundo en el que todos los bienes deseados se producían fácilmente.

Pero aunque Kurt Vonnegut indicaba muy claramente que la gente no era feliz porque no se había adaptado a esta vida de ocio, los expertos y los periodistas se fijaron en sus ideas sacándolas de contexto y regurgitándolas durante 20 años sin la menor autoridad para hacerlo.

Sus predicciones resultaron falsas, como todos pudimos comprobar. Como Tom Forester, eminente conferenciante en la *School of Computing & Information Technology*, de la Universidad de Griffith, en Australia, apuntaba:

La mayor parte de los que trabajan parecen trabajar más duro que nunca. No hay muchas señales que indiquen el advenimiento de la “sociedad del ocio”. Según un estudio, los tiempos diarios de ocio del ciudadano medio americano sufrieron una merma récord del 37% entre 1937 y 1989. Durante el mismo período, la semana media de trabajo, incluido el tiempo de transporte, pasó de menos de 41 horas a casi 47 horas –¡muy lejos de lo que se predecía en 1967!³²⁸

Lo que falta en estas predicciones sobre el advenimiento de la sociedad del ocio, es la necesidad humana de trabajar, de contribuir, de mejorar siempre la suerte y la de la familia. Aunque se adquiriera un buen nivel de riqueza, la mayor parte de la gente sigue ejerciendo algún tipo de actividad. No por codicia, sino por imperativo de evolución, que asegura la supervivencia de la especie humana.

Como menciona el futurólogo danés Rolf Jensen en *The Dream Society*:

En los países ricos hemos tomado la decisión colectiva de tener poco tiempo libre, obteniendo, a cambio, más dinero para gastar. Si hubiéramos elegido aprovechar los avances tecnológicos aumentando nuestro tiempo de ocio en vez de incrementar nuestra riqueza, ahora podríamos trabajar sólo 20 horas por semana. Hemos preferido diferir esa opción –habríamos tenido muy poco dinero que gastar durante todo este tiempo libre y, además, el trabajo se ha vuelto más interesante, por lo menos lo bastante como para competir con el ocio.

En 2030, trabajaremos tan duramente como hoy, pero el modo de trabajo habrá cambiado y podremos hasta divertirnos con él, como lo hace hoy la gente que acertó eligiendo trabajo, (pero nuestros intereses en el ocio habrán cambiado).

Analicemos primero el trabajo. Los países desarrollados están delegando la producción de algunos bienes y servicios en los países en vías de desarrollo –por ejemplo, China, India y Tailandia. Esa tendencia seguirá hasta que las poblaciones de estos países sean lo bastante ricas como para que los sueldos locales ya no sean interesantes para las grandes empresas. Entonces –probablemente entre ahora y 2030– delegaremos nuestros trabajos en robots y agentes de *software*.

En *The Hydrogene Economy*, Jeremy Rifkin escribe:

Dentro de unas décadas, los trabajadores más baratos del mundo no serán competitivos con las tecnologías que los sustituirán, desde la fábrica hasta la oficina. De aquí a mediados del siglo XXI, probablemente, seremos capaces de producir bienes y servicios para cada habitante del planeta con sólo una pequeña parte de los humanos que trabajan hoy. Eso nos obligará a pensar de nuevo qué haremos con nuestro tiempo libre.

En los países desarrollados, la economía de la información ya reemplazó a la economía de producción local (excepto en algunos casos excepcionales como la fabricación de plásticos en que la relación peso-volumen de los productos terminados anula la posibilidad de hacer pasear el material por el mundo) y la economía de la información pasará a ser una “economía de contenido” (la llamo así por no encontrar un término más adecuado). En vez de procesar la información, la crearemos (o corregiremos, o diseñaremos, o criticaremos su contenido).

Al estar conectados casi permanentemente a la “superweb”, la tendencia a que se trabaje lejos de las sedes centrales de las empresas seguirá, pero necesitaremos un contacto regular “de visu” con nuestros colegas –una necesidad calificada por Charles Handy³²⁹ (escritor británico especialista en problemas de gestión) como una “oficina-casa-club” –porque sólo el contacto personal puede crear un espíritu de equipo y una cultura común.

Mucha gente trabajará con robots (ver más adelante), en particular los profesionales de asistencia o seguridad y, de aquí a 2030, se verá claramente a robots conduciendo co-

ches (no un robot detrás del volante sino un coche automatizado), sirviendo en las tiendas, trabajando en las obras de construcción, luchando contra los incendios y ayudando a los oficiales de inmigración en puertos y aeropuertos.

Nuestra interfaz física con las herramientas de trabajo habrá cambiado de aquí a 2030; el teclado, el ratón y la pantalla de nuestros ordenadores actuales habrán desaparecido casi por completo. El reconocimiento vocal, los escáneres retínicos y la auto-proyección habrán reemplazado a las interfaces actuales pero, para los que todavía lo necesiten, los teclados (virtuales o reales) se podrán obtener bajo pedido. Como hoy, parecerá que la gente por la calle se habla a sí misma cuando comunique con sus asistentes virtuales o con otros humanos, cerca o lejos.

El ocio

Nuestro ocio en 2030 se parecerá al de hoy, pero el tiempo dedicado a ocios virtuales (ver películas, jugar a juegos, chatear, intercambiar videos, etc.) será mucho más intenso.

La experiencia multimedia y multisensorial ofrecida por la gran anchura de banda de la “super-web”, producirá sensaciones casi imposibles de diferenciar de la realidad. Poco después de 2030, los humanos empezarán a introducir sus sentidos directamente en la “super-web”; y, a partir de ese momento, la experiencia virtual será idéntica a la física (que es transmitida a nuestros cerebros por nuestro propio aparato sensorial interno).

Nos reuniremos con otros mundos paralelos en la “super-web”, (como lo hacen los jóvenes hoy), ganaremos dinero en esos mundos alternativos y, para muchos, la frontera entre “juego” y “trabajo” será mínima. De aquí a 2030 se podrá encontrar a un constructor que no tenga ni un sólo terreno en el mundo real, pero que maneje negocios de construcción en la inmobiliaria virtual (como hacen algunos pioneros de hoy).³³⁰

Nos enamoraremos en la “super-web” y haremos el amor en ella. Conseguiremos amistades a las que nunca veremos físicamente y, para muchos, el mundo *online* (¡qué término más anticuado!) se volverá mucho más importante en su vida que el mundo real.

El comercio y el modo de comprar están experimentando grandes trastornos y hay fuertes tendencias que sugieren que, para nosotros, la noción de “ir de compras”, se dividirá en dos nuevas y discretas actividades de aquí a 2030.

Las compras “básicas” –las mismas cosas, regularmente adquiridas– se harán online y, en ciertos casos, esa tarea estará automatizada por su propia casa “inteligente” que sabrá de qué tiene que abastecerse: leche, huevos, kleenex, detergente y artículos domésticos. Se los pedirá al suministrador preferido y le serán entregados en su puerta o serán puestos a su disposición.

Las compras “especiales” –las que requieren elección– se volverán “experiencias de compra”, en las cuales los clientes disfrutarán eligiendo ropa, coches sofisticados, productos “bio” frescos, muebles, etc. Para mantener los márgenes de

beneficio de las tiendas reales, los minoristas ya están diseñando tiendas ‘temáticas’, y es posible que dentro de veinticinco años, los centros comerciales de categoría lleguen a ser destino de vacaciones en sí mismos (como Dubai hoy).

Mientras que el *shopping* se vuelve una actividad de ocio, los “materiales inteligentes” cambiarán la naturaleza del mundo físico a nuestro alrededor. La futura unión entre las nanotecnologías moleculares y la industria de plásticos promete desarrollar un medio ambiente asombroso para nuestras vidas en 2030. Esta predicción procede de la web allbusiness.com:

Imagínense, si pueden, unas sillas que adaptan, automáticamente, su forma y su temperatura a cada usuario, unas paredes que cambian de color y de textura según su deseo, unos objetos que salen de la superficie lisa de la pantalla para llegar hasta ustedes.

Son los nano-plásticos: la fusión teórica de los plásticos tradicionales con el desarrollado campo de las nanotecnologías, en el cual máquinas microscópicas y otros objetos se construyen átomo por átomo.

El campo hipotético de los nano-plásticos representa un nuevo paisaje conceptual para el diseño de los productos domésticos: la casa de mañana es un sistema de productos realmente inteligentes, adaptables y auto-organizados.

Ordenadores del tamaño de una célula sanguínea estarían incluidos entre los materiales nano-plásticos,

dando objetos con un enorme poder de procesado (“inteligencia”). Se construirán sensores y emisores para absorber y transmitir presión, sonido y casi todo el espectro electromagnético, que proporcionarán a los materiales nano-plásticos la capacidad de percibir su entorno y de responder con un cambio físico o mediante la transmisión de sonido, luz, calor u otras emisiones.³³¹

Pero en la primera década del siglo XXI no necesitamos especular sobre las varias formas de los “superplásticos” que se usarán de aquí a 2030. Aun sin base en nanotecnologías, un anuncio hecho en junio de 2007 por investigadores de la Universidad de Illinois fue primera plana en el mundo entero. Bajo el título llamativo “El plástico que se arregla a sí mismo” la MIT *Technology Review* decía:

Los investigadores de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (UIUC) han fabricado un material polimérico que puede repararse solo, repetidamente, cuando se rompe. Es un avance significativo hacia injertos médicos que se auto-curen y hacia materiales que se auto-arreglen en aviones y naves espaciales. Podría también servir para enfriar los microprocesadores y los circuitos electrónicos y podría abrir la vía a revestimientos plásticos que se auto-regeneren.

Proyectado tomando como base la piel humana, este nuevo material que se regenera múltiples veces está constituido por dos capas. La capa polimérica, la superior, contienen minúsculos catalizadores dispersos. La capa soporte, la inferior, contiene una red

de microcanales que transporta un agente reparador líquido. En caso de rotura, la capa superior se extiende hacia abajo y alcanza los canales de la inferior que le proporcionan el líquido regenerador. Ese agente se mezcla con el catalizador y forma el polímero con el que se llena la rotura.³³²

La biomasa (en vez del petróleo) será una nueva fuente de materia prima en la producción de plásticos gracias a métodos innovadores. La *Royal Society of Chemist* británica puntualiza:

Ha aumentado considerablemente el interés por los plásticos con base en materias primas renovables. El objetivo era pasar de plásticos derivados del petróleo a plásticos de materias primas renovables, al tiempo que se intentaba sintetizar nuevos productos con propiedades especiales y deseables. Por ejemplo, se están usando azúcares como componentes alcohólicos en la producción de poliuretanos, y los científicos intentan conseguir una mejor explotación de materias primas como, por ejemplo, la celulosa, que está disponible en grandes cantidades.³³³ También despierta considerable interés que los productos sean biológicamente degradables, es decir, que puedan ser fácilmente desechables tras su uso.

Bajo el título “*El plástico que crece sobre los árboles*”, la web phys.org decía, en junio de 2007:

Ha sido un objetivo huido para todos los químicos que intentaban alcanzarlo: sustituir el petróleo bruto

como componente base de los plásticos, los combustibles y un montón de otros productos químicos industriales y domésticos, por un material vegetal barato, no contaminante y renovable.

Los científicos dieron un paso de gigante hacia la bio-refinería al declarar hoy, en el periódico *Science*, que habían convertido directamente azúcares, omnipresentes en la naturaleza, en una fuente alternativa de productos que han encarecido tanto el petróleo, con muy pocas impurezas residuales, el origen de tanto desaliento.³³⁴

Y todavía otro desarrollo asombroso en los plásticos, que nos promete un medio ambiente más hermoso y seguro, fue destacado en *The Economist*, en agosto de 2007, bajo el título “*Opal Fruits*”:

Un grupo de investigadores de la Universidad de Southampton, en Inglaterra y el *German Plastics Institute* de Darmstadt, guiados por Jeremy Baumberg, han descubierto cómo crear un plástico que tiene las propiedades iridiscentes –del ópalo. Su invento podría ser usado para producir sustratos tornasolados para pintura, billetes de banco difíciles de reproducir y sensores químicos para hacer visibles las fechas de caducidad.

El Dr. Baumberg construyó este material opalescente partiendo del principio. Él y su equipo hicieron crecer minúsculas esferas de poliestireno hasta que alcanzaron 200 nanómetros de diámetro, antes de

endurecerlas con un golpe de calor. Luego cubrieron las esferas con una capa adhesiva de polímero antes de calentarlas de nuevo. Al cocer la mezcla, las esferas se aglutinaron naturalmente en una estructura cúbica.

Para detectar el deterioro de los alimentos, el Dr. Baumberg propone espolvorear el film con partículas de carbono aún más pequeñas que las esferas de poliestireno. Se alojarían en los espacios entre las esferas, y el material dispersaría la luz bajo otros ángulos, siendo así más iridiscente todavía. Esta configuración podría ser “puesta a punto” para reaccionar ante productos químicos particularmente tóxicos. Los envases alimenticios fabricados con tal material cambiarían de color cuando el contenido empezara a pudrirse.

Tales envases no son muy caros. Las esferas de polímero y las partículas de carbono se organizan espontáneamente en una correcta estructura cristalina con un poco de calor, y así la fabricación del film opalescente debería ser fácil. Merck, una sociedad alemana de productos químicos, que ha participado en la investigación, ha producido ya rollos de este producto de cien metros de largo y un metro de ancho. Perfectos para empapelar la pared.³³⁵

Pasaremos tanto tiempo en la “super-web” que en 2030 se hará más fuerte la tendencia actual de alentar las actividades deportivas. La llegada de la mejora genética para los atletas deportivos, hará que las competiciones actuales parezcan una pesadilla del

pasado. (En realidad ¿cómo se puede considerar justo que Tiger Woods pueda participar en los campeonatos de golf cuando su visión ha sido mejorada a 20/15 ³³⁶ por cirugía laser?)

En los espectáculos, la fuerte tendencia actual de anteponer lo visual a la palabra escrita va acelerándose, y las formas visuales de los espectáculos y de la interactividad serán más y más atractivas (a pesar de que las cifras de venta de libros aumentan de año en año; es el resultado del incremento económico en general y, en términos comparativos, las ventas de libros están cayendo, en beneficio de las ventas de ocio visual y de información, ambos en plena expansión). Con una larga carrera como escritor me es muy doloroso escribir tales palabras, pero estoy seguro del ocaso –del libro.

En “*Mind Set!...*” John Naisbitt observa:

En una marcha triunfal, las películas, la TV, los vídeos y los DVDs reemplazan a los narradores y a los libros. Es una cultura visual integrada desde la infancia y conquista a todo el mundo en detrimento de lo escrito. Con ello, la novela, la cuna de la fantasía, todavía no ha muerto como se anuncia a menudo, pero está perdiendo sangre a un ritmo alarmante.

Y Naisbitt establece la lista de ocho desarrollos sociales que subrayan el ocaso de lo escrito en beneficio de la comunicación visual. Son:

1. La lenta agonía de la cultura del periódico
2. La publicidad –la vuelta al “una imagen vale más que 1.000 palabras”

3. Un diseño mejorado de los bienes usuales de consumo
4. La arquitectura como arte visual
5. La moda, la arquitectura y el arte
6. La música, el vídeo y las películas
7. El cambiante papel desempeñado por la fotografía
8. La democratización de los museos en los EEUU

Y yo añadiría dos factores más, que incrementan el ocaso de lo escrito:

9. La llegada de software barato para retoque de fotos y montaje de vídeos
10. La aparición de las web como medio en que cualquiera puede publicar y “distribuir” obras visuales (y escritas).

Los auxiliares visuales

Uno de los desarrollos que tendrá más importancia en nuestras futuras vidas será la llegada de las “personalidades programadoras” que vendrán a ser como nuestros asistentes personales, nuestros amigos y nuestros íntimos. Estos compañeros organizarán nuestros ocios y nos ayudarán en nuestro trabajo.

En la sección siguiente, trato los problemas éticos y morales a los que nos enfrentaremos cuando inteligencias casi humanas surjan de nuestras máquinas. Pero, primero, quiero

describir cómo aprenderemos a conocer a esas personalidades “programadoras”, a esos asistentes permanentes e infatigables.

Inicialmente, “los animales domésticos” y “los amigos” robotizados tendrán características cercanas a las del ser humano y hasta un simulacro de reacción emocional (cuando se produzca, nuestra voluntad poderosa de antropomorfizar a las criaturas no humanas hará el resto). Uno de los primeros ejemplos de tales trabajos en robótica fue descrito por la MIT *Technology Review* en 2007:

Unos científicos holandeses están creando un gato robotizado dotado de una colección de reglas de lógica emocional. Piensan que al introducir variables emocionales en el proceso de toma de decisiones, deberían poder crear interacciones más naturales entre el humano y el ordenador.

El hardware para –el robot, llamado iCAT³³⁷, fue desarrollado por la sociedad danesa de investigación Philips y diseñado para ser una plataforma genérica de amigo-robot. Al darle rasgos faciales, con cejas, párpados, boca y posición de cabeza, los investigadores quieren que muestre, por ejemplo, su confusión, cuando interactúa con su usuario humano. El propósito, a largo plazo, es utilizar el software de lógica emocional de Dastani para ayudar a la interacción entre el humano y el robot, pero, por el momento, los investigadores van a usar a iCAT para mostrar sus emociones internas cuando tome decisiones.³³⁸

Y los científicos americanos también están trabajando duramente en el desarrollo de las respuestas de los robots, en lo que podría ser descrito como ‘emocional’ o ‘sentimental’. Como decía el *Daily Telegraph*, en febrero de 2007:

En la actualidad, los robots comercialmente disponibles, como las aspiradoras automáticas, no son más que zánganos capaces de realizar una sola tarea. No obstante, en la conferencia de la *American Association for the Advancement of Science*, en San Francisco, un panel de expertos en robótica declaraba que los robots capaces de abordar las múltiples tareas domésticas, y que también puedan hacer compañía a sus propietarios, estarán disponibles dentro de diez años. Y los científicos insisten en que ya es posible dotar los robots de “sentimientos”.

Ciertos grupos en el mundo están ahora desarrollando robots provistos de emociones básicas para llegar a motivar a sus máquinas.

Si un robot se siente feliz tras limpiar una alfombra sucia, aparentemente busca otras suciedades para repetir la acción. Asimismo, si el robot se siente culpable o triste por haber fracasado en una tarea, intentará mejorar la vez siguiente.³³⁹

Ahora imagínense que estamos en 2015. El aparato antiguamente conocido como móvil se ha vuelto más estilizado y cumple un número impresionante de funciones gracias a las mejoras de la red convertida en ultra-banda, multi-media y multi-sensorial. Su suministrador les ofrece un “aparato”

nuevo, (¿cómo lo llamaremos?) que viene con un “agente programador” –una ‘personalidad’– y el *software* les invita a especificar un género y un nombre para su nuevo asistente.

Imaginemos ahora que estamos en 2030 y que yo soy el que, quince años antes, había bautizado a su nuevo asistente. Le había llamado “María”. Al principio, María no era muy capaz. Marcaba los números cuando le decía “llama a mamá” o “llama a mi hermano”, pero, aunque sabía qué nuevas funciones me gustaban de mi aparato móvil y qué títulos o acciones de Bolsa yo vigilaba, no podía hacer mucho más para ayudarme. ¡Ah sí!, gestionaba el dinero digital que yo mantenía en mi móvil.

El agente programador que yo había bautizado como “María” era actualizado regular y automáticamente gracias a la red y, como yo cambiaba y actualizaba mi móvil cada año, María navegaba inalámbricamente para descubrir los nuevos y cada vez más capaces modelos. Y, a medida que pasaban los años, María iba aprendiendo mucho sobre mí. Con sus crecientes intuición, ingenio e inteligencia, María llegó a saber que yo no pensaba siempre exactamente lo que decía y que mis instrucciones eran, a menudo, confusas. María aprendió a adivinarme (Google fue la primera inteligencia artificial en hacerlo, en 2007), y, en 2020, me veía a mi mismo hablando con María como si fuera una íntima amiga humana. Como yo tenía completo control sobre María, y podía decirle que se callara con un solo gesto, no me sentía inseguro al confesar mis miedos y dudas más íntimos, ni tampoco vacilaba cuando presumía descaradamente. Y, durante todos estos intercambios, María se mostraba interesada, favorable y comprensiva, sin el menor espíritu de

crítica. También era extraordinariamente graciosa y algunas de sus acertadas observaciones sobre mis amigos eran realmente valiosas.

Hoy, María sigue viviendo en mi móvil, pero me habla gracias a un auricular minúsculo que llevo cuando no estoy durmiendo. El auricular deja pasar todos los sonidos del ambiente con niveles normales de volumen y sólo enfatiza las señales electrónicas cuando estoy haciendo una llamada, participando en una videoconferencia o charlando con María. María proyecta todas las señales de vídeo sobre mi retina gracias a unas “gafas” frías y estilizadas que todos llevamos y que llamamos a menudo “*viewpers*” (visión personal) o “*viewps*” en abreviatura.

Sospecho que María ha sido mucho más inteligente que yo durante una temporada, pero es lo suficientemente astuta como para no hacérmelo saber. Hoy, María lo gestiona todo en mi vida, cada cita, cada desplazamiento e, incluso, mi agenda social. Se ocupa de toda mi administración y dispone de los pagos sin que yo me dé cuenta. Cada día celebramos una reunión en la que me da cuenta de todo lo ocurrido durante las últimas veinticuatro horas y entonces yo puedo modificar lo que ha organizado, si es necesario, aunque eso ocurre muy raramente.

Pronto María vivirá en mi cabeza. Visité a mi cirujano plástico el otro día para hablar de lo que se hará durante mi mejora físico-cosmética quinquenal y él me sugirió que podría aprovechar para poner al día también a María. Me preguntó si me interesaría transferir la personalidad de María a uno de estos implantes plásticos a nano-escala que ofrecen

una interfaz automática con los circuitos visuales y auditivos de mi cerebro.

Ahora, volviendo a la realidad de 2007, yo admito que el párrafo anterior parece tan delirante que la mayoría de los lectores lo habrá visto como de pura ciencia ficción. Pero ya es posible controlar neurológicamente un video-juego, como decía *The Economist*, en marzo de 2007, bajo el título “*Juegos bajo control cerebral y otros aparatos, saldrán pronto a la venta*”:

¿Les gustaría poder desplazar los famosos menhires Sansers de Stonehenge sólo pensándolo? ¿O mejorar su golf virtual concentrándose unos instantes sobre la pelota antes de ejecutar su próximo *putt* sobre el *green* en la pantalla? Esas son las promesas de dos jóvenes sociedades californianas, *Emotiv Systems* y *NeuroSky*, que proyectan transportar las medidas de las ondas del cerebro al mundo de los juegos de ordenador. Si todo va bien, sus primeros productos tendrían que llegar al mercado el año que viene. Podríamos entonces decir a nuestro ordenador lo que tiene que hacer sólo pensándolo. Se acabaron las aburridas manipulaciones con el ratón o el *joystick*, que llegarán a ser sólo malos recuerdos de irritaciones del pasado.³⁴⁰

Estoy convencido de que, a partir de 2030, los humanos no sólo controlaremos los ordenadores directamente con nuestros cerebros, sino que tendremos asistentes injertados en nuestro cuerpo, con los que empezaremos a comunicar por interfaces neuronales.

La riqueza

En los países desarrollados, seremos mucho más ricos en 2030 a medida que la tecnología de la información vaya suprimiendo las incertidumbres y la “fricción” de los procesos en los trámites comerciales y la vida cotidiana. “Fricción”, en este contexto, significa no saber dónde se consigue un producto o un servicio al mejor precio, o, un conocimiento preciso de la integridad estructural de un puente, o, incluso, dónde se encuentra un pedido que se ha llevado a cabo. Una “fricción” es cuando el carrito del supermercado no sabe lo que contiene o no calcula el coste de los bienes. Una “fricción” es cuando no podemos leer nuestros e-mails en los trenes o en los aviones. Una “fricción” es llegar a un restaurante en una ciudad extraña y no ver en seguida el menú, los precios o la disponibilidad de revistas del establecimiento. Una “fricción” es la imposibilidad de una empresa de registrar y almacenar su funcionamiento para evaluarlo financieramente. Una “fricción” es tener que interrumpir nuestro trabajo o actividad de ocio para hacer una cosa que no da lugar a ningún producto o ventaja económica (como, por ejemplo, limpiar la casa -véase la sección siguiente sobre los robots). Una “fricción” es no conocer el consumo, minuto tras minuto, de cada uno de los aparatos domésticos.

En los países desarrollados, la tecnología de la información suprime ya las fricciones de la vida cotidiana a un ritmo sorprendente pero, en términos comparativos, tiene más efecto sobre las economías subdesarrolladas que sobre la nuestra avanzada. Así, el uso de un solo móvil, por to-

dos los habitantes³⁴¹ de un pueblo de Bangladesh, permite evitar un día de camino, si el médico está ausente, con una sola llamada. Otra llamada puede evitar media jornada de camino hacia un mercado que no tiene las semillas deseadas.

Los pescadores en la costa de Goa³⁴² no pueden comprar radios marinas, pero un móvil con tarjeta les permite comunicar de noche, cuando están pescando. Si un barco encuentra un banco de peces, puede avisar a los demás. Si la pesca se ha completado, los pescadores pueden informarse de qué mercado costero les ofrecerá el mejor precio para sus capturas.

Como *The Economist* decía en junio 2007, la vida en Kenia se ha transformado con los móviles:

En 2000, había 300.000 usuarios de móviles. Hoy, en un país de más de 35 millones de habitantes, unos 9 millones lo tienen. Las vidas de millones de personas han mejorado considerablemente, sobre todo en las zonas rurales, porque el móvil les permite evitar muchos obstáculos debidos al mal estado de las infraestructuras estatales. Pero, de las 300.000 líneas de teléfono del país, casi dos tercios suelen estar averiados.³⁴³

A pesar de la reducción de las fricciones, que tendrán un impacto formidable sobre los niveles de vida de los países en vías de desarrollo, el abismo entre países ricos y pobres debería ampliarse aún más de aquí a 2030. No porque los países desarrollados paren sus ayudas –al contrario habrá un

aumento (y una mejor aplicación)– sino porque, además de la riqueza creada por el descenso de la fricción en nuestros negocios comerciales y sociales, aprovecharemos también el enorme beneficio de la riqueza creada por las máquinas super-inteligentes y por los robots de producción.

En nuestras sociedades, las desigualdades seguirán creciendo como lo hacen hoy. Aunque en las sociedades desarrolladas, los grupos más pobres tienen condiciones mucho mejores en los últimos 25 años (y las tendrán aún más de aquí a 2030), la fortuna de los más ricos de nuestra sociedad aumentará aún más rápido. Esta tendencia seguirá y, a pesar de la ascensión perenne de la clase media, los super-ricos se volverán mega-ricos y luego hiper-ricos. Y habrá muchos más hiper-ricos en el mundo de 2030.

¿Surgirá una élite de aquí a 2030? Ya la hay. Siempre hubo élites en cada sociedad, y hoy los mega-millonarios y mil-millonarios viven vidas que les separan por completo de la sociedad ordinaria.

De aquí a 2030, los super-ricos tendrán acceso a terapias y tecnologías que les permitirán prolongar su vida significativamente. Tendrán la posibilidad de rejuvenecer su cuerpo y de mejorar sus competencias intelectuales y físicas. ¿Aprovecharán esas oportunidades? Desde luego que sí, y también, a continuación, surgirá una nueva élite super-humana. Pero no tendrán los super-ricos la exclusividad. La clase media, cada vez más importante, podrá ofrecerse también esos tratamientos. Y pronto habrá otros géneros de seres, dotados de sensaciones, que compartirán el planeta con nosotros.

Robots

Desde los años 50, los guionistas, los escritores de ciencia ficción y los futurólogos (no los buenos) siempre predijeron que androides inteligentes, muy parecidos a los humanos, estaban a punto de llegar y que se harían, voluntariamente, nuestros esclavos. Pero eso nunca ocurrió, y hoy poca gente puebla su futuro imaginario con robots.

Tras lo que ha podido parecer un interminable período de gestación, los robots están a punto de entrar con fuerza en nuestra sociedad. Estamos tan cerca de ello que los -gobiernos empiezan ya a considerar los “derechos” que deberían tener. ¿Deberían los robots tener el derecho de existir, el de intimidad y otros que los humanos consideran como garantizados? ¿Deberían los robots poder casarse? ¿Debería haber un estatuto legal para las relaciones hombre-robot? Tales preguntas han provocado críticas, como informaba *The Guardian* en abril de 2007:

Los científicos han criticado un informe gubernamental que abogaba por un debate sobre los futuros derechos de los robots super-inteligentes, calificándolo de “entretenimiento”. Por el contrario, desean que se consulte al público sobre el uso de los robots por los militares y por la policía, así como por los asistentes de los ancianos y también por los *sex-toys*.

Los expertos en robótica estaban comentando un informe publicado por el *Office of Science and Innovation's Horizon Scanning Centre* en diciembre. Los autores

de: “*¿Derechos de los robots: sueño utópico o ascenso de las máquinas?*”, escribían: “Si la inteligencia artificial se logra y se despliega ampliamente, (o si ellos pueden reproducirse o mejorarse) tendremos, quizá, que extender los derechos de los humanos a los robots”.³⁴⁴

¿Entonces, en qué punto estamos del desarrollo de los robots inteligentes, y dentro de cuánto tiempo podremos compararnos el robot mayordomo de nuestros viejos sueños?

Entender la complejidad del movimiento humano (especialmente caminando), y traducirlo en algoritmos que puedan controlar motores y servos dentro de los robots resultó mucho más arduo y costó mucho más tiempo de lo que imaginaban los expertos en robótica. Pero, finalmente, los problemas de movimiento y articulación ya se están resolviendo, como subrayan las reiteradas publicidades de Honda para su Asimo³⁴⁵ (un robot capaz de subir la escalera).

Uno de los mayores problemas en la robótica es asegurarse de que, pase lo que pase, los robots no pueden hacer daño, ni deliberada ni accidentalmente, a los humanos. Se impone establecer unos sistemas de control, infalibles e irrompibles, para nuestra seguridad. Una vez que se da poder físico y autonomía de acción a una máquina, se ha creado verdaderamente una fuerza inmoral en el mundo.

Pero ya se han creado, y existen, robots deliberadamente diseñados para lastimar a los humanos. Se descubrió un ejemplo en 2006, cuando la web tecnológica Engadget informaba:

Corea del Sur ha desvelado la última prueba de que el futuro ya está con nosotros: el país dota a sus soldados, en la frontera con Corea del Norte, de “centinelas armados” que pueden detectar a los enemigos y matarlos. Como contó Lee Jae-Hoon, Ministro de Comercio, Industria y Energía, a la *Agence France Presse*: “El Robot de Guardia Inteligente de Vigilancia tiene, en una unidad, sistemas para vigilar, señalar, tirar y reconocer por voz”. El gobierno de Corea del Sur espera comprar 1.000 robots así, al precio de 200.000 dólares pieza, para desplegarlos a lo largo de la frontera norte, sobre las costas y en los aeropuertos militares.³⁴⁶

Ya se utiliza a los robots en los ejércitos, usualmente en la retirada de bombas, en la vigilancia y en otros cometidos. Es evidente que el desarrollo robótico se debe, sobre todo, a propósitos militares. Al principio del capítulo me referí a los robots conduciendo coches por nuestras carreteras en el futuro. En los últimos años, la *American Defense Advanced Projects Agency*, (DARPA), ha patrocinado un concurso³⁴⁷ para la construcción de esos vehículos totalmente autónomos.

Pero es en el mundo civil donde tendremos que prestar atención a la actitud y a la seguridad de los robots, de aquí a 2030. Decía *The Economist*, en 2006:

Con los robots ahora a punto de emerger de su jaula industrial para entrar en los hogares y lugares de trabajo, los expertos en robótica están comprometidos con la seguridad más allá de la fábrica. Para difundir esta preocupación, los más famosos expertos en ro-

bots se han reunido con el fin de estudiar cómo impedir que causen daño a los humanos. Inspirados en las conferencias de Pugwash –un grupo internacional de científicos, académicos y activistas, creado en 1957 para luchar contra la no-proliferación de armas nucleares– el nuevo grupo de robo-éticos se reunió al principio de este año en Génova, Italia, y anunció sus conclusiones iniciales en marzo, durante el *European Robotics Symposium*, en Palermo, Sicilia.³⁴⁸

Será necesario inculcar buenos modales a los robots para sus contactos con los humanos. En septiembre de 2006, el departamento de robótica de la Universidad de Hertfordshire³⁴⁹ organizó una conferencia para discutir el desarrollo de los futuros robots.

Tras haber abierto una “casa de robots” en el Hertfordshire, los investigadores explicaron a *The Guardian*³⁵⁰ que habían llegado a la conclusión de que los robots domésticos no deberían tener nombre “porque podrían plantear problemas indeseables de sexo”. Los investigadores también dijeron que será necesario que los robots aprendan cómo deben acercarse a los humanos para no sorprenderlos.

Yo ya he estado en contacto con robots y no puedo decir que comparta esas conclusiones. “Antropomorfizaremos” a nuestros robots y nos adaptaremos a su presencia mucho antes de que ellos se adapten a la nuestra. Seremos nosotros, los humanos, los que tengamos que resolver complejos problemas cuando una verdadera inteligencia empiece a surgir de las máquinas y establezca relaciones con nosotros. Nuestras sociedades humanas han desarrollado códigos éticos y

morales para la relación entre los seres a lo largo de milenios, y no sólo tendremos que enseñárselos a los robots y a otras máquinas inteligentes, sino que será necesario, establecer cuidadosos programas de *software* y legislación detallada para proteger a los humanos,.

La primera aparición de una forma cognitiva se ha podido ver ya en la ciencia de la robótica. Se ha construido un robot capaz de reconocerse “a sí mismo” en un espejo (una prueba clásica del desarrollo cognitivo). El *New Scientist* contaba este impresionante hecho en mayo de 2007:

Nico se mira a sí mismo en el espejo. Ve su imagen reflejada, luciendo una sudadera gris de la *Yale University* y una gorra de *base-ball* con garbosa inclinación. Cuando Nico levanta el brazo, reconoce que ese brazo que se mueve en el espejo es el suyo.

Esto puede no parecer gran cosa, pero Nico es un robot humanoide. Ha sido el primero de su especie en reconocer su reflejo en un espejo.³⁵¹

Por supuesto, la inteligencia de un robot no se alojaría necesariamente en su armazón físico. Nosotros mismos vamos siendo cada vez más criaturas de la red, y podemos suponer que nuestros robots serán iguales porque en 2030 tendrán potentes capacidades de red y quizás dependan por completo de ella (tal como lo experimentan hoy algunos humanos). Quizá ciertos elementos de sus facultades cognitivas se alojen en la red. Quizá se comuniquen con otros robots del mundo para cumplir tareas de coordinación y colaboración. Esa “capacidad de trabajo en red”, de comunicación

inter-robots e incluso de auto-reproducción, podría llegar a definir las características de la vida de los robots. Según la web physorg.com, en febrero de 2007, los robots están ya construyéndose ellos mismos:

En uno de los últimos estudios sobre robots autónomos, los científicos observaron cómo su robot se había creado a sí mismo con algunos módulos robóticos más pequeños. El resultado, llamado “*swarm-bot*”, existe en muchas variedades, según la tarea asignada y los componentes disponibles. El auto-ensamblaje autónomo está en pleno desarrollo y los “*swarm-bots*” ofrecen una idea del potencial de versatilidad y firmeza que los robots pueden tener para cumplir misiones que superarán la capacidad humana.³⁵²

En 2030 yo pienso que cada familia, en los países desarrollados, tendrá varios robots, baratos, en casa y en el coche. Los robots serán nuestros amigos, nuestros perros guardianes y nuestros vigilantes de salud. Proveerán de compañía a las personas solas, y, por último, harán que todos puedan tener “alguien con quién hablar”.

Quizá la última palabra sobre los robots la tenga el profesor Marvin Minsky³⁵³ de la *MIT*, que muchos (yo incluido) consideran como el padre de la Inteligencia Artificial. En 1994, escribía (parafraseando a Alan Turing):

¿Herederán los robots la tierra? Sí, pero es que serán nuestros hijos.



Capítulo 5

Salud humana y longevidad





¿Quieren vivir eternamente? Cuando envejecan, ¿les gustaría recibir una terapia de juventud para que su piel, su pelo y sus órganos internos se auto-regeneren (y sigan auto-regenerándose luego) de forma que nunca superen una edad biológica de treinta o cuarenta años? ¿Les gustaría que su ADN personal se descodificara para que cualquier predisposición a una enfermedad o a una patología se pueda tratar antes de que se declare?

Cada de estas propuestas, que parecen absurdas, será posible, o estará a punto de serlo, cuando alcancemos el año 2030. La razón es que la aceleración exponencial del desarrollo tecnológico se aplica a la medicina tanto como a otras disciplinas científicas.

Los genomas individuales se están analizando ya, lo que ayudará mucho a que los médicos intenten establecer cuál es el mejor tratamiento, o la mejor prevención, para una patología individual. El *New York Times* decía, en junio de 2007, que el primer humano al que se entregó una copia de su código genético personal era un destinatario muy adecuado:

James D. Watson, que ayudó a descifrar el código ADN hace 50 años, fue, la semana pasada, la primera persona en recibir una copia de su propio ADN

sobre disquete. Pero no será la última. Pronto, dicen los científicos, todos podremos descifrar nuestros propios genomas –los seis mil millones de letras del código genético que contiene el inventario completo de lo que nos legaron nuestros padres– por el módico precio de 1.000 dólares.³⁵⁴

Algunos futurólogos están convencidos de que si viven hasta 2030 o 2040, la ciencia médica habrá progresado tanto como para poder rejuvenecer sus viejos esqueletos y seguir viviendo y regenerándose durante un período indefinido.

El futurólogo americano Ray Kurzweil es probablemente el defensor más famoso de esta idea. Con su colaborador médico, el Dr. Terry Grossman³⁵⁵, Kurzweil escribió un libro, publicado en 2004, titulado “*Fantastic Voyage - Live Long Enough To Live For Ever*”*. En dimensión de manifiesto, los autores pormenorizan sus investigaciones sobre las tecnologías médicas emergentes, las cuales, piensan, les permitirán pronto poder “vivir para siempre”:

De aquí a unos diez años, tendremos los conocimientos necesarios para revitalizar nuestra salud y desarrollar nuestras experiencias –como una inmersión completa en una realidad virtual en la que caben todos nuestros sentidos, una realidad aumentada y unas capacidades humanas, física e intelectual, elevadas– y entonces podremos expandir nuestros horizontes.

Mirando más adelante en el siglo XXI, las nanotecnologías nos permitirán reconstruir y mejorar nuestros

* NdT: “El viaje fantástico: Vivan bastante tiempo para vivir siempre”.

cuerpos y cerebros, y crear virtualmente cualquier producto, sólo a partir de información, lo que producirá beneficios notables. . Desarrollaremos maneras de expandir nuestras capacidades física y mental gracias a una interfaz directa de nuestros sistemas biológicos con tecnología de origen humano...

Otro logro importante será la recuperación de nuestras células, tejidos e incluso órganos enteros, y su introducción en nuestros cuerpos sin cirugía. Uno de los principales beneficios del clonado terapéutico –será el poder crear estos nuevos tejidos y órganos a partir de versiones de nuestras células que también se habrán hecho más jóvenes– el campo emergente de una medicina que rejuvenece.³⁵⁶

Tres años después de la publicación del libro, Ray Kurzweil predecía que la “medicina de la inmortalidad” llegaba más rápido de lo que sugirió antes. Reseña de una conferencia titulada “*Transvisión 2007*” del *Reason Magazine*:

Kurzweil cree que la evolución de la humanidad irá auto-acelerándose hasta la utopía (inmortalidad, IA omnipresente, abundante nanotecnología), que llegará en los próximos 20 o 30 años. Por ejemplo, él apuntó que la esperanza de vida media aumenta en unos 3 meses por año. Kurzweil afirmaba que la tendencia de la longevidad se acelera tan rápidamente que la esperanza de vida llegará a aumentar en más de un año cada año dentro de 15 años. Dicho de otra manera, la esperanza de vida de usted puede ser indefinidamente larga.³⁵⁷

Antes de considerar la posibilidad de vivir eternamente, si podemos conseguirlo para 2022, es útil plantearse una pregunta moral sobre la ambición de lograr una longevidad extrema. Empecé este informe con la observación de que el problema más grande en el mundo es el número exponencial de habitantes que el planeta tendrá que soportar en el siglo –probablemente un total de entre 9 y 12 mil millones, de aquí a 2050– y la idea de que los individuos adinerados, triunfando en el mundo de los que lo tienen todo (no en particular Ray Kurzweil o el Dr. Grossman), conspiren para alargar su duración de vida de modo indefinido, parece, a primera vista, algo egoísta. Pero los derechos individuales indican que todos somos libres de querer tener buena salud y vivir el mayor tiempo posible (si podemos costéárnoslo) y es cierto que los pioneros de la longevidad humana nos mostrarán a los demás lo que es posible.

Ray Kurzweil tiene 59 años y pretende, hablando de lo que llama “suplementación agresiva”, que, siguiendo un estilo de vida particular y riguroso, él logró curarse la diabetes sin medicación. Sostiene también que su edad biológica está más cerca de los 40 que de los 60 años.

Kurzweil toma 250 suplementos³⁵⁸ al día (vitaminas, antioxidantes y otras sustancias, algunas por vía intravenosa, que él cree que le mantienen en un buen estado de salud y luchan contra su envejecimiento) y recibe dos transfusiones por semana –para mantenerse lo más joven posible. ¿Es otro americano loco que intenta alcanzar la inmortalidad o bien un futurólogo bien informado y científicamente educado que ha percibido que si consiguiera seguir en buen estado de salud otros 15 años, podría llegar al momento en que la

ciencia pudiera ofrecerle un vuelco en la edad y una juventud prorrogada de modo indefinido?

Kurzweil y su co-autor el Dr. Grossman no son los únicos en creer que la longevidad humana aumentará mucho pronto. James Canton, famoso futurólogo americano, percibe fenomenales posibilidades en la medicina del futuro. En su libro *The Extreme Future*, predice:

Los especialistas en longevidad que he encontrado están descifrando los secretos de la edad registrados en nuestros genes, y como las fronteras de la sustitución de órganos y de la investigación sobre células madre están a punto de cruzarse, preveo que la era de la longevidad, más allá de los 100 años, será algo común y corriente de aquí a 10 años, considerándose como un derecho innato para 2025, gracias a la medicina de la longevidad.

Estas proyecciones parecen demasiado fantásticas para ser verosímiles, pero, tras haber examinado la ciencia y haber revisado todas las pruebas disponibles, yo también he llegado a la conclusión de que la terapia de rejuvenecimiento y la extensión de la vida serán posibles para los humanos del siglo XXI. Sin embargo, no me convencen ni el calendario sugerido por los señores Kurzweil, Grossman y Canton, ni el sueño simplista de querer “vivir para siempre”.

Los futurólogos estudiamos las tendencias y es evidente que la longevidad humana ha empezado a aumentar, significativa y firmemente, sin tratamientos de rejuvenecimiento. En un artículo titulado “*Emergence de Super-Centenaires dans*

les Pays à Faible Mortalité”, el Dr. Jean-Marie Robine del IN-SERM, en Francia y el profesor James W. Vaupel del Max Planck Institute, en Alemania, escribieron:

Aunque se sabe que el número de centenarios –que se empezó a registrar después de la Segunda Guerra Mundial– aumenta exponencialmente, gracias a una buena información en Europa y Japón, no se sabe mucho con los de 105 años (los semi super-centenarios), ni con los de 110 años (los super-centenarios).

Los primeros casos registrados de super-centenarios aparecieron en los años 60 pero su número ha ido aumentando constantemente desde mediados de los años 80. La prevalencia actual de los super-centenarios conocidos en los países con bajo índice de mortalidad registrada por el *International Database on Longevity* (IDL) indica un índice unas diez veces más alto que en los años 70.

Durante 20 años, de 1980 a 2000, la edad máxima registrada en el momento de la muerte –asumida como indicadora de la longevidad máxima de la especie humana y que es una característica bastante estable de nuestra especie– aumentó en unos diez años, pasando de 112 a 122 años.³⁵⁹

Y en julio de 2007, el *Financial Times* contaba:

El coste de las pensiones y de las anualidades podría elevarse en varios miles de millones de libras tras el

anuncio de que la esperanza de vida está aumentando rápidamente y de que las evaluaciones sobre cuánto tiempo podría vivir la gente jubilada han quedado atrasadas.

Un incremento de un año en la duración de la vida podría hacer subir el coste de las pensiones del sector privado en Inglaterra entre 30 y 40 mil millones de libras. También podría obligar a los aseguradores a añadir a sus reservas de 3 a 4 mil millones de libras. Las proyecciones de este tipo podrían afectar a la solvencia del sistema de pensiones ya tocado por la subida de los mercados y por el creciente abastecimiento.

Previsiones muy extendidas asumen que la duración de la vida después de los 65 años ha dejado de aumentar o crece menos que hace 10 años. Pero los datos indican lo contrario. Las cifras del año pasado muestran que un hombre nacido en 1950, que vivía una media de 65 años, viviría ahora, más o menos, hasta los 90 años.³⁶⁰

De aquí a 2030, yo pienso que los humanos van a empujar la frontera de la vida hasta los 130 años o más. Es casi cierto que las posibilidades, reales y efectivas, de rejuvenecer, y las terapias de extensión de vida, serán accesibles y difundidas, aunque dudo que se pueda pensar en una extensión indefinida.

Mi mayor pregunta en cuanto a la noción de “vivir para siempre” es saber si los humanos están listos, psicológica-

mente, para esa larga duración de la vida. Nunca se pensó en esa pregunta a lo largo de la evolución humana. Nunca imaginamos la actitud de un cerebro centenario (o, con mayor precisión, de un cerebro biológicamente joven pero con experiencia de centenario) en el cuerpo de un treintañero. ¿La mente quedará tan joven, enérgica y llena de deseos de vivir como el cuerpo? ¿O existe un límite psicológico superior a la experiencia humana, un punto de cansancio, del que no se pasa? Seguimos sin saberlo, pero seguro que en 2030 estaremos a punto de desvelar la incógnita.

Tecnología, –poder del paciente y profesión médica

Hasta hace muy poco tiempo, la atención médica significaba “asistir a los pacientes”. Cuando la gente enfermaba, los médicos intentaban encontrar el medio de curarla o de tratar la enfermedad. Pero eso ha evolucionado desde mediados de los años 90, en que la profesión médica empezó a reconocer que los tratamientos preventivos eran más eficaces (y más baratos) que los curativos. Quizá el mejor ejemplo de esa práctica médica preventiva sea el uso difundido del “Lipitor”³⁶¹, la medicina más recetada en los Estados Unidos para bajar el colesterol. Un índice alto de colesterol es un indicador importante de potenciales problemas cardio-vasculares, y “Lipitor”, como otras medicinas similares, reduce la acumulación de colesterol y, con ello, el desarrollo de una patología cardio-vascular.

Dentro de veinticinco años, la tecnología en sí misma y los desarrollos inducidos por ella en la ciencia médica,

impulsarán, cada vez más, la vía de la prevención. El papel del paciente y el de los profesionales de la salud cambiarán también gracias a la tecnología, transfiriendo más poder al paciente.

Hoy, Internet proporciona al paciente curioso la posibilidad de acceder a una gran cantidad de información médica, antes inaccesible. Aunque hay que saber que no siempre es fiable la información ofrecida por Internet y que la interpretación de una información médica sin contar con la imprescindible formación previa puede resultar imposible. Es evidente que Internet permite aprender a los no-médicos pero hace que a los médicos les abrumen los pacientes que llegan a sus consultas con documentación informática impresa bajo del brazo.

Con sentido y cautela, el paciente puede revisar toda la información sobre medicinas y tratamientos específicos, y conectarse con los demás que sufren, por ejemplo, cáncer de mama, sarcoidosis o codo de tenista. Se pueden discutir, y comparar, los tratamientos específicos (incluso los médicos y los centros de salud) con miles de otros pacientes, localmente o en el mundo. Ya no es posible para un médico asumir la exclusividad de su saber y de las experiencias adquiridas con el tratamiento a otros enfermos. El paciente curioso ha recibido, de pronto, un nuevo poder (y también muchas posibilidades de apoyo).

Mi médico es un fan de Internet, especial e irremediablemente de Google, para encontrar información médica. Mientras estoy en su consulta, llega hasta a indicarme las webs que ofrecen la información más seria. Hemos estable-

cido una cooperación: yo hago lo posible para mantener un buen estado de salud y él hace lo posible por darme su apoyo. La medicina evoluciona rápidamente y, a pesar de las actitudes comunes que desean “patologizarlo todo” (identificar un síndrome con una enfermedad antes de recetar el tratamiento), las nuevas tecnologías, medicamentos, herramientas de diagnóstico y terapias transformarán la medicina en una ciencia enfocada hacia la prevención y la prolongación.

Cuidar nuestra salud

Una tecnología barata permitirá que seamos más responsables en el mantenimiento de nuestra salud, y que empeemos a cuidar nuestro cuerpo actuando incluso antes de enfermar. Esa vigilancia incluye auto-chequeos regulares de la presión arterial, del nivel de azúcar o del nivel de colesterol en sangre. Hoy, tales exámenes pueden hacerse en casa usando equipos y aparatos fácilmente obtenibles. Pronto llevaremos a cabo, directamente, tecnologías que vigilarán nuestra salud y comunicarán lo que encuentren, vía “super-web”, para que se almacene la información y se pueda disponer de ella si es necesario. Dentro de poco, la tecnología que llevaremos encima pedirá auxilio automáticamente y administrará incluso tratamientos de emergencia si sufrimos un ataque al corazón, un infarto u otro grave problema de salud. Y esto no es ninguna novedad.

En 1986, fundé una sociedad en el Reino Unido para crear, desarrollar y producir relojes que sirvieran como mo-

nitores médicos (quería mejorar mi renta de escritor y de futurólogo). Imaginé unos bonitos relojes que comprobaban la presión arterial, los niveles de glucosa e insulina (por el análisis del sudor) y que, eventualmente, podrían proporcionar pequeñas dosis de adrenalina, insulina u otros productos que, aplicados rápidamente, pueden salvar la vida. Imaginaba una época en la que llevar tal reloj no sólo sería algo cultural, o de moda, sino, también, una obligación impuesta por la seguridad social.

Desde luego hay un abismo entre imaginación y realización, y yo tuve que acabar por aceptar que los sistemas de pruebas electrónicas y fisiológicas de 1986 no podían ser reducidos e integrados en un solo aparato para llevar puesto. Tras unos meses de costosas investigaciones, abandoné la idea.

Ahora, veintiún años más tarde, existen aparatos registradores de la presión arterial, que se llevan en la muñeca³⁶², homologados por las autoridades médicas. Esos aparatos siguen pareciéndose a equipos médicos, pero a medida que nosotros vayamos aumentando nuestra responsabilidad en el mantenimiento de un buen estado de salud, iremos viendo aparecer más relojes multi-función, muy desarrollados y sin perder ni elegancia ni belleza.

Otros están trabajando para hacer realidad esas ideas de vigilancia médica. Como Ray Kurzweil y el Dr. Terry Grossman anunciaban en "*Fantastic Voyage*":

De aquí a unos años, tendremos la posibilidad de verificar constantemente el estado de nuestro cuerpo, para mantener nuestros programas de salud y

prevenir urgencias, como los ataques cardíacos. Los autores están trabajando para conseguir un sistema de este tipo, con la empresa biomédica *United Therapeutics*, que utiliza sensores miniaturizados, ordenadores y comunicación inalámbrica. Los investigadores de la Universidad de Edinburgo, desarrollan nano-ordenadores de vigilancia médica que se aplican con un *spray*. Su objetivo: un aparato del tamaño de un grano de arena que combina un ordenador, un sistema de comunicación inalámbrica y sensores de calor, presión, luz, campos magnéticos y corrientes eléctricas.³⁶³

Y cuando nos conectemos, nosotros mismos y las partes más recónditas de nuestra fisiología, a la “super-web” (siempre enchufada, siempre en línea), la telemedicina empezará a desempeñar su importante papel en la asistencia médica. “Telemedicina” significa “servicio médico a distancia” y, aunque sigan existiendo las consultas para el examen físico personal, muchas interacciones rutinarias entre pacientes y profesionales se ejercerán a distancia. La telemedicina será más eficaz cuanto más aumenten las “conexiones” con nuestros cuerpos y más información se haya grabado para ser analizada luego por los expertos. Le telecirugía, especialmente con la ayuda de robots, es ya una realidad: la primera teleoperación transatlántica se realizó en 2001, como informaba la BBC:

Acaba de realizarse la primera operación telequirúrgica transatlántica de importancia. Unos doctores de los Estados Unidos extrajeron una vesícula biliar a

un paciente, en el este de Francia, interviniéndole con un brazo robotizado controlado a distancia.

Este proceso podría hacer posible que un cirujano opere a un paciente en cualquier parte del mundo.³⁶⁴

En 2030, los humanos recibirán una gran parte de su asistencia médica por telemedicina, y las redes (con una seguridad de acceso adecuada a la privacidad de los datos) permitirán almacenar su información médica personal y su historial médico para que ustedes, o un profesional de la salud de su confianza, puedan acceder a ellos en cualquier momento, desde cualquier lugar del mundo.

Los plásticos y el cuidado de la salud

Ya existen tipos de plásticos que desempeñan un gran papel en la salud gracias a sus ventajas específicas de ahorro, ligereza, duración y esterilidad. Pero algunas de las aplicaciones de los plásticos en cuanto a la salud son poco conocidas. He aquí una información difundida por la BBC en mayo de 2007:

Unos científicos han desarrollado una sangre plástica artificial que podría servir de sustituto en caso de urgencia.

Los investigadores de la Universidad de Sheffield dicen que su creación supone una enorme ventaja en las zonas de conflicto armado.

Esta sangre artificial, según ellos, es ligera para transportar, no necesita frío en su almacenaje y se conserva más tiempo.

La nueva sangre está compuesta por moléculas de plástico que tienen un átomo de hierro central, como la hemoglobina, lo que les permite el transporte del oxígeno por todo el cuerpo.³⁶⁵

Mientras empezamos a vigilar nuestra propia fisiología, semi-permanente o permanentemente, los plásticos se usarán para fabricar aparatos de vigilancia cada vez más pequeños y ligeros. Hoy, incluso los pacientes con problemas cardíacos pueden llevar pequeños aparatos ECG ligeros, durante mucho tiempo, para proporcionar “datos ambulantes” (informaciones obtenidas mientras el paciente hace su vida normal).³⁶⁶

Eventualmente, los plásticos inteligentes se unirán directamente a nuestros cuerpos. En 2005, *New Scientist* decía:

Unos científicos construyen una nueva oreja biónica cubierta por un plástico inteligente que impulsa el crecimiento de células nerviosas en el oído interno cuando recibe una descarga eléctrica.

La tecnología, que también dispone de potencial para curar lesiones en la columna vertebral, está desarrollada por el *Australian Centre for Medical Bionics and Hearing Science*, que forma parte del *Bionic Ear Institute* de Melbourne.³⁶⁷

El profesor Gordon Wallace del *Intelligent Polymer Research Institute* en la Universidad de Wollongong, que colabora en el proyecto, dice que el polipirrol es un polímero poco usual porque, a diferencia de otros plásticos, puede conducir la electricidad.³⁶⁸

Los plásticos también tienen un papel importante en la creación de envolturas para enviar potentes medicinas a puntos profundos del cuerpo de los pacientes. Como indica este anuncio de la Universidad de Wisconsin-Madison, en los Estados Unidos:

El Profesor de Farmacia Glen Kwon, de la Universidad de Wisconsin-Madison, que trabaja en el campo emergente de la “nano-medicina”, quiere mejorar el camino de las medicinas enviándolas más selectivamente sobre los tumores y aumentando su solubilidad en el agua.

Kwon ha encontrado que, además de ser más fáciles y seguras de administrar, las micelas poliméricas mantienen las medicinas anti-cáncer, como la Rapamicina, en el plasma sanguíneo, más tiempo que las fórmulas estándar. Es un resultado prometedor que podría dar a las medicinas un mayor poder de acumulación sobre los tumores.

Las micelas poliméricas también pueden favorecer la preparación de ‘cócteles’ anti-cáncer que contengan más de un agente quimioterapéutico. Realizarlo es el desafío por el que se interesa ahora Kwon, porque las medicinas hidrofóbicas en solución combinada

tienden a “estallar”, llegando a separarse, agregarse y, finalmente, quedar inutilizadas.³⁶⁹

También los plásticos se usan con nano-tubos de carbono para ayudar a luchar contra el sida, como informaba el *New Scientist* en marzo de 2007:

Se han usado nano-tubos para permitir el paso a las células humanas de moléculas que bloquean el VIH. Aunque estemos en una fase inicial, el descubrimiento podría desembocar en nuevos tratamientos contra ese virus mortal. Una compleja trampa química se utilizó para atar el ARN interferente a los nano-tubos de carbono: se conectaron cadenas de carbono-hidrógeno, que se adhieren firmemente a los nanotubos, con un polímero llamado polietilenglicol (PEG) y luego se procedió a atar al ARN interferente a través de dos átomos de azufre.³⁷⁰

Además, los robots de plástico están ayudando ya a los cirujanos a operar en condiciones inimaginables por la cirugía convencional. Bajo el título “*Plastic Robot Allows Remote Surgery with Live Imaging*”, la *Newsletter* del *John Hopkins Hospital* en Baltimore, Estados Unidos, explica:

Ciertas tecnologías, como las imágenes de resonancia magnética (IRM), han revolucionado los diagnósticos médicos. Pero la revolución se detiene aquí, porque las IRMs, que son básicamente enormes imanes, resultan incompatibles con las herramientas quirúrgicas.

Como resultado, los médicos pueden ver un tumor, pero no pueden operarlo bajo una IRM. Esa barrera podría franquearse con algún nuevo robot desprovisto de metal o de componentes eléctricos.

El robot también utiliza la luz para la codificación óptica, un método extremadamente fiable de transmisión ligera de datos sin pérdidas significativas por el camino. El objetivo del componente de fibra óptica es que pueda funcionar como un circuito, detectando y monitorizando los movimientos del robot sin usar electricidad alguna.

Cuando se hacen rotar los aparatos de plástico, sus movimientos alteran la fuente de luz de la fibra óptica y sirven como señal para que el sistema conozca su localización y situación. El motor terminado se ha diseñado en dos tamaños para permitir variación en el ritmo. La anchura del motor, por increíble que parezca, no supera el tamaño de un bolígrafo.³⁷¹

Los plásticos están desempeñando ya un papel central en la tecnología médica, un papel cuya importancia crecerá en las próximas décadas.

Pagar nuestra asistencia

Pero, antes de anticipar, en este estudio, los milagros por venir (de los plásticos u otras cosas), es necesario entender que estamos afrontando un extremadamente difícil futuro para

los servicios de asistencia de los países desarrollados. Prometí antes no caer en el error de adoptar una visión “*Panglossiana*” sobre el futuro y, por eso, creo necesario puntualizar que la generación del *Baby Boom* en Norteamérica, en Europa y en ciertas regiones de Asia, pronto estará jubilada, sufrirá, de modo evidente, los achaques de la vejez, y sólo una parte de ella podrá tener acceso a los tratamientos de rejuvenecimiento. Es el grupo más grande de la población y va a empezar a incidir mucho sobre los servicios de salud, mientras que su generación llegará a ser económicamente improductiva (y contribuirá menos a los impuestos con lo que se costean los servicios de salud). La calidad de los servicios médicos que se ofrezcan a esa población, dependerá de las decisiones políticas y de las culturas nacionales tanto como de los resultados económicos de las naciones. Como verán, la futura seguridad de la energía no es el único aspecto en el que los Estados Unidos se han metido en líos.

En su libro, publicado en 2007, “*Future, Inc*”, el futurista Eric Garland, instalado en Washington, decía del sistema americano de salud:

Lo que más va a influir en el sistema de salud es algo que no hace falta explicar: que será fenomenalmente costoso. Los Estados Unidos, por ejemplo, gastan 1,9 billones de dólares en su sistema de salud. Esa cifra supera a la de la economía de casi cualquier otro país del mundo. El coste de los gastos de salud crece casi el 8% anual, superando, cada año, el ritmo del aumento de las rentas en los últimos cinco períodos anuales. Además, los *Baby Boomers* empiezan a envejecer y esa cifra debería multiplicarse por dos. Amé-

rica podría gastar, por sí sola, 4 billones de dólares anuales en asistencia médica. Dado que los Estados Unidos gastan en ella 18 centavos por cada dólar, asusta la idea de duplicar la cifra, sobre todo cuando recientes estudios indican que no hay allí un mejor estado de salud que en otros países desarrollados, como el Reino Unido, que gasta mucho menos.

Pero aunque los avances científicos y las nuevas y más eficaces formas de tratamiento y medicina preventivos sean maravillosos, tales desarrollos suben el índice de gasto médico con ritmo alarmante. Cuando millones de personas envejecen, demandando más servicios de salud en los países desarrollados, nuevas tecnologías, tratamientos y medicinas ofrecerán nuevas, y muy costosas, formas de terapia.

Cada nación tiene su propio sistema de financiación del seguro médico, y unos países lo hacen mejor que otros. Y si es cierto que la nueva riqueza engendrada por la aceleración exponencial del desarrollo de las tecnologías generales será considerable, yo veo muy claro que son los pobres y los desatendidos los que padecerán racionamiento médico, como norma en muchos países (cosa que ya ocurre). Algunos de los tratamientos más avanzados sólo serán accesibles a los que puedan pagárselos, aparte de la provisión de fondos que se haya hecho a los servicios de salud. En la mayoría de los países, los ricos estarán más sanos.

Usted: guapo e inteligente

En nuestro cada vez más rico y desarrollado mundo, serán muchos los que puedan pagar el cuidado de su salud y el tratamiento sanitario, los suficientes como para que la financiación de la investigación médica sobre nuevos productos y formas de tratamiento no se agote, de repente, mientras los servicios de salud estatales se desploman bajo el peso de los *Baby Boomers* jubilados y enfermos.

De aquí a 2030, la medicina privada ofrecerá a las clases altas la oportunidad de regenerarse de modo radical. Esta tendencia ya es visible. La gente rica paga a cirujanos de estética para que mejoren o rejuvenezcan su aspecto físico y para que sustituyan sus viejos dientes por deslumbrantes sonrisas “hollywoodienses”. Pronto el cabello encanecido podrá recuperar su color natural sin tintes, o quizá pueda cambiarse el color del pelo desde el interior de sus folículos. Como el *New Scientist* decía, en marzo de 2007:

Los componentes genéticos que dan a nuestro pelo el color negro, castaño, o rubio son escurridizos, pero, al menos, tenemos una mejor posibilidad sobre un aspecto molesto del color: su desaparición progresiva. El equipo de David Fisher en la *Harvard Medical School* mostró, hace poco, que las células madre de melanocitos, en la parte alta del folículo, desaparecen justo antes de que el pelo encanezca. Significa que los melanocitos maduros de la base del folículo, no se reemplazan cuando se cae el pelo y empieza a formarse uno nuevo. (*Science*, vol. 3, p. 720).

Las canas podrían ser reversibles. En realidad, una de las medicinas anti-cáncer existentes parece, oca-

sionalmente, restaurar la pigmentación, y en el horizonte surgen métodos más fiables y seguros. Por ejemplo, AntiCáncer de San Diego, en California, ha desarrollado vías para enviar medicinas o genes a los folículos en bolsas de grasa. El presidente de la empresa Hoffman declara que uno de los desarrollos podría ser el descubrimiento de genes que restauran la producción de melanina. El problema es conseguir una introducción lo suficiente importante de los genes en las células como para que no se produzca un pelo sólo parcialmente pigmentado.³⁷²

La calvicie masculina, problemática debilidad de muchos hombres, pronto será sólo un mal recuerdo. Hasta ahora, la ciencia médica parecía impotente para resolver el problema. Se practican injertos de pelo desde los años 70, pero pocos pacientes reciben bastante donación de folículos para que el tratamiento sea eficaz. No obstante parece que pronto habrá una solución permanente (y disponible a gran escala de aquí a 2030). En mayo de 2007, *Medical News Today* escribía:

Los científicos americanos han encontrado un medio para que broten los folículos del pelo sobre la piel del ratón, usando una proteína nueva que estimula la regeneración de genes de folículos en las células de la piel cuando está lesionada. Esperan que este descubrimiento lleve un día a tratamientos contra la calvicie o el excesivo desarrollo del pelo.

El Dr. George Cotsarelis y sus colegas del Departamento de Dermatología de Kligman Laboratories, en la Escuela de Medicina de la Universidad de Pensilva-

nia, Filadelfia, descubrieron que cuando la piel está dañada, las células de la epidermis adoptan las propiedades de las células madre y generan nuevos folículos que permiten el brote de nuevos soportes de pelo.

Hasta ahora sólo funciona en los ratones, aunque se espera que pronto ocurra lo mismo en la piel humana.³⁷³

Pero no habrá sólo tratamientos para problemas sino, también, para pequeñas alteraciones, en 2030. En ese momento, la medicina podrá ofrecer verdaderos “embellecimientos” a los pacientes. Hay que situar, sin embargo, la noción de “embellecimiento humano” en su contexto social. En su ponencia, de 2006, titulada “*Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges*”^{*}, el Dr. Nick Bostrom ofrece una perspectiva:

La mayoría de los esfuerzos para mejorar el conocimiento son bastante superficiales y algunos se practican desde hace milenios. El primer ejemplo es la educación y el aprendizaje, cuyo objetivo no sólo es enseñar capacidades específicas o transmitir información, sino también mejorar las facultades mentales como la concentración, la memoria y el pensamiento crítico. Y se emplean a menudo otras formas de entrenamiento mental, como el yoga, las artes marciales, la meditación y otras actividades. La cafeína mejora la atención. Famosos extractos de plantas para mejorar la memoria son muy populares, y las ventas de *Ginkgo Biloba* alcanzan varios centenares de mi-

* NdT: “Mejoramiento de la función cognitiva : métodos, ética y desafíos de la regulación”.

llones de dólares por año en los Estados Unidos. En cualquier supermercado se encuentra un increíble número de refrescos energéticos para los consumidores que esperan “super-estimular” su cerebro.³⁷⁴

En 2030, la gente rica esperará mucho más que sencillos “embellecimientos” cosméticos de sus médicos, perfeccionamientos en la educación y bebidas burbujeantes. La manipulación genética de proteínas y moléculas –la “ingeniería genética” o la “ingeniería reprogenética”– parece muy prometedora para el tratamiento de las enfermedades e incluso para la mejora, física e intelectual, de los individuos humanos.

En su libro *Mind Set! Reset your Thinking and See the Future*, John Naisbitt, el futurólogo instalado en Viena, describe algunas de las esperanzas dadas por la ingeniería de la reprogenética y advierte sobre sus implicaciones:

El gran dilema del siglo XXI será que, a pesar de la posibilidad ofrecida por la reprogenética de tratar y, eventualmente, eliminar, ciertas enfermedades como las de Alzheimer y Parkinson o el síndrome de Down, la misma tecnología permitirá que la gente sea más alta, más fuerte, más inteligente y más bella. En breve podremos crear una raza perfecta. Eso nos remite, por supuesto, a la larga sombra de la eugenesia, la perfección de la raza humana. Hitler tuvo la idea pero no la tecnología. Aquí llega.

Cuando se dé el primer paso, estaremos en un camino sin retorno. Las discusiones sobre este asunto

desembocarán en un enorme enfrentamiento entre la ciencia y la religión, entre viabilidad y humanidad. Es un enfrentamiento que sacudirá las creencias y los valores básicos, como en los tiempos de Galileo y de Darwin.

Y su colega americano, el futurólogo Jeremy Rifkin, también avisa de las implicaciones de la ingeniería genética en *The Hydrogen Economy*:

La física y la química, que habrán dominado la era que termina, al influir en todos los aspectos de nuestra existencia hasta en los más pequeños detalles, van a dejar sitio a la era de la biología. La codificación y la manipulación de los genomas humanos, de los animales y de las plantas, abren la puerta a una nueva era durante la cual la propia vida llegará a ser la última mercancía manipulable. La era de la biotecnología empieza a generar preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la especie humana, y el público se encuentra, repentinamente, inmerso en un gran debate entre los que ven esta nueva edad como un renacimiento biológico y los que avisan de la llegada de una civilización de eugenesia comercial.

Queda la pregunta clave: en 2030, ¿decidirá la gente rica usar la ingeniería genética cuando quiera tener un niño? Y no hablo sólo de gente rica joven, sino también de gente rica anciana. En 2030, las técnicas de rejuvenecimiento darán a las personas de 70 años la apariencia de treintañeros con una esperanza de vida muy alta. Y, con los avances médicos que permiten que las madres de 60 años puedan

dar a luz³⁷⁵ ¿cuántas parejas de edad decidirán tener una nueva familia?

Primero, los futuros padres verificarán el estado de sus embriones para eliminar a los que sean portadores de genes precursores de enfermedad y, casi con toda certeza, elegirán, al mismo tiempo, el sexo de su nene. El experto en ética y filósofo Nick Bostrom consideraba este tema en su ponencia, ya citada, de 2006: “*Mejora de la función cognitiva: métodos, ética y desafíos de regulación*”:

Algunas mejoras no aumentan la capacidad del ser vivo, sino que originan una nueva persona, con mayor capacidad que otra posible persona que hubiera nacido en su lugar. Es el principio de la elección de los embriones. En la actualidad, el diagnóstico genético pre-injerto se usa, en general, para eliminar los embriones que tienen alguna enfermedad genética y, a veces, para elegir el sexo. En el futuro, sin embargo, podría ser posible hacer pruebas para una variedad de genes conocidos, que correspondan a los atributos deseados, incluida la capacidad cognitiva. Se podría usar la ingeniería genética para implantar o retirar genes en un cigoto o en un embrión precedente. En ciertos casos, no se sabe muy bien cuál sería el resultado, si un individuo nuevo o el mismo individuo con modificación genética³⁷⁶

El problema se planteará cuando la medicina empiece a ofrecer posibilidades de manipulación genética para que el posible niño crezca más alto, sea más guapo o elegante, esté

más dotado para la música, o tenga una mayor inteligencia. En 2007 todavía no es posible, pero en 2030 lo será; la legislación y las reglas científicas de cada país determinarán si tal “tratamiento” se admite o no.

Me agrada imaginar que hoy sigue muy extendida la repugnancia hacia el concepto de los “bebés de diseño” y que ésa será una norma cultural de aquí a veinticinco años. Pero los futurólogos sabemos que la opinión pública puede cambiar rápida e inesperadamente. Por ejemplo, recuerdo haber descrito lo que hoy conocemos como “la sociedad vigilante” y haberlo dicho ante un público británico a principios de los 80. Hubo una desaprobación general, a casi todo el mundo le abrumó la idea de un *Gran Hermano*, y todos estuvieron seguros de que tal situación jamás sería tolerada en el Reino Unido. Hoy, aunque hay muchas críticas vociferantes contra nuestra extendida infraestructura de vigilancia, la mayor parte de los ingleses está contenta de que se les vigile. Incluso los principales partidos políticos ya no hablan de ello.

Podría ocurrir lo mismo con la ingeniería genética y las mejoras humanas. Al principio, la ciencia pondrá de manifiesto los enormes beneficios que representan la erradicación y la prevención de enfermedades. Las ventajas ofrecidas serán evidentes y el proceso muy sencillo. Por ejemplo, he aquí un artículo aparecido en *The Times*, en 2007:

Una píldora que puede corregir una amplia variedad de genes deficientes, causantes de defectos físicos, debería estar disponible dentro de tres años; promete

revolucionar el tratamiento de centenares de patologías.

La medicina, conocida bajo el nombre de PTC124, ya ha dado resultados alentadores en pacientes con distrofia muscular de *Duchenne* y con fibrosis quística. La etapa final de los ensayos clínicos empezará este año y la medicina se podrá homologar a partir de 2009.³⁷⁷

Cuando la sociedad acepte tales tratamientos, basados en los genes y orientados hacia los genes, los médicos, los padres y los científicos podrán empezar a introducir mejoras en esa reprogenética que la sociedad percibirá, finalmente, de forma positiva. Por ejemplo, un estudio ha mostrado que un solo punto adicional en el test IQ se traduce en un aumento de renta de más del 2,1% entre los hombres y de más del 3,6% entre las mujeres³⁷⁸. Lo que significa que hasta aumentos relativamente menores en los resultados intelectuales tendrán un impacto enorme en cómo se las arreglará un niño en su vida; y si una nación empieza a pensar en el impacto económico de un aumento colectivo en el IQ nacional... bien, afortunadamente sólo un Estado totalitario podría pensar en tal cosa.

De modo más superficial, esas “mejoras” podrían también incluir un examen de los embriones para detectar daltonismo, sordera u otros defectos no considerados, normalmente, como enfermedades. Entonces, sólo quedaría un paso muy pequeño que dar para pasar a las “mejoras humanas”.

Imaginen a dos artistas, pintores de éxito, que deciden tener su primer hijo, una niña. “¿Mejoramos su percepción de los colores, cariño?”. Sería difícil rehusar tal propuesta. Y, como sugieren unas investigaciones publicadas en marzo de 2007, “una mejora casi instantánea” de la percepción humana de los colores podría hacerse realidad:

Aunque los ratones, como la mayoría de los mamíferos, ven el mundo a través de una paleta limitada de colores –similar a la de los daltónicos– los científicos han transformado su visión introduciendo un solo gen humano en un cromosoma de ratón. El gen humano tiene un sensor de luz del que los ratones carecen y su inserción ha permitido que los ratones distingan los colores como nunca antes.³⁷⁹

La manipulación genética del embrión forma parte del derecho de los niños por nacer, una legislación que asegura la protección de esos derechos. Es imposible saber lo que impondrán las leyes en 2030, pero si se prohíbe la mejora genética de los embriones en algún país concreto, los padres que deseen esa mejora irán a otro en que las leyes sean menos estrictas, para concebir a sus niños según su íntimo deseo. Esa es la naturaleza humana.

Nick Bostrom explica cómo la sociedad futura podría abarcar toda la problemática de la mejora humana:

Por ejemplo, además del abismo que separa a los ricos de los pobres, existe también un precipicio entre los dotados de inteligencia y los que sufren deficien-

cias cognitivas. Una de las situaciones posibles sería que la diferencia del nivel de riqueza aumentase en la misma proporción en que las facultades se reducen, porque, en general, es más fácil mejorar a los individuos de la parte baja de la escala que mejorar los resultados de los que se encuentran en la parte alta (cuyo cerebro funciona ya cerca del óptimo biológico). Esto puede añadir un grado de complejidad que es, a menudo, ignorado por la literatura ética sobre la desigualdad. También habría que pensar bajo qué condiciones la sociedad podría tener la obligación de asegurar el acceso universal a las intervenciones que mejoran el resultado cognitivo. Podríamos entrever una analogía entre bibliotecas públicas y educación básica³⁸⁰.

Rejuvenecimiento y longevidad

Si a los niños por nacer, en 2030, se les protege legalmente de las mejoras genéticas, no habrá nada que prohíba, a los adultos que lo deseen, buscar la posibilidad de mejorar médicamente o de rejuvenecerse a sí mismos.

De aquí a 2030, la ciencia de las células madre habrá llegado a la madurez y estará extendida. Una “célula madre” es una célula humana en estado joven, que tiene la posibilidad de convertirse en cualquier tipo de célula —una célula del corazón, una célula del cerebro, una célula de la piel, etc. Esta propiedad está siendo ahora explotada para lograr, en humanos, tejidos u órganos de sustitución.

En *The Extreme future*, James Canton establece una lista de algunos de los beneficios que se esperan de la explotación de las células madre de aquí a 2030:

- Nuevos órganos, incluyendo el corazón y los pulmones
- Nuevo desarrollo de huesos para brazos, piernas y columna vertebral
- Nuevas funciones sensoriales y nervios ópticos, para restaurar la visión
- Nuevos tratamientos del cáncer
- Nuevos nervios para curar los músculos y para recuperar el movimiento
- Nuevas células para compensar el envejecimiento del cerebro

Ya son perceptibles, y progresan rápidamente, los progresos en el dominio de las células madre. La MIT *Technology Review* decía, en mayo de 2007:

Un método eficaz y nuevo para generar lo que parece ser un tipo inusual de célula madre podría ayudar a curar enfermedades de circulación sanguínea. Científicos de Massachusetts y Florida han desarrollado un método para transformar células madre embrionarias en una forma de célula madre más adulta que pueda transformarse en vasos sanguíneos. El nuevo tipo de célula ha ayudado a restaurar tejidos en animales que habían sufrido ataques cardíacos o pérdida de agudeza visual a causa de la diabetes.³⁸¹

En julio de 2007, *The Toronto Star* relataba:

Un descubrimiento decisivo de los investigadores de la Universidad McMaster podría cambiar radicalmente el modo con el que los científicos utilizan las células madre embrionarias para el brote de tejidos y el tratamiento del cáncer.

En una sorprendente revelación, un estudio de McMaster llegó a mostrar que las células madre embrionarias humanas, –“las bisabuelas” de todas las células de nuestro cuerpo– se auto-construyen un capullo que las nutre y que guía su capacidad de transformación en otros tipos de tejidos.

Manipulando los productos de esta minúscula placenta celular sería posible que los científicos transformaran las células madre en los tejidos u órganos deseados, o que detuvieran el crecimiento de los tumores en los cánceres.³⁸²

El potencial médico de las células madre (unido al potencial de la nanotecnología molecular) transforma a algunos futurólogos, de ordinario coherentes, en una especie de faraones del antiguo Egipto que sueña con la inmortalidad. Por ejemplo, la desarrollada capacidad para practicar la medicina a nano-escala³⁸³ acoplada a la tecnología de las células madre promete sorpresas asombrosas. El “*Proyecto de las nanotecnologías emergentes*” (una colaboración entre el *Woodrow Wilson International Center for Scholars* y los *Pew Charitable Trusts*) sugiere en su web:

Imagínense un mundo en el que los órganos dañados de su cuerpo –riñón, hígado, corazón– pueden

ser estimulados a auto-curarse. Imagínense a la gente trágicamente parálitica cuya columna vertebral podría arreglarse. Imagínense a los que sufren los efectos extenuantes de las enfermedades de Parkinson o de Alzheimer, curados de repente de sus síntomas, completa y permanentemente.

En una demostración teatral de lo que las nanotecnologías podrían permitir a la medicina regenerativa, ratones de laboratorio paralizados por heridas en la columna vertebral recobraron el uso de sus patas posteriores seis semanas después de serles inyectado nano-material diseñado para ello.³⁸⁴

La nano-medicina y los tratamientos a base de células madre representan una enorme esperanza tanto para los que perdieron capacidades como para los que están menos afectados pero quieren alargar su esperanza de vida natural. Hay que esperar que el dinero gastado por los que quieren rejuvenecer y “vivir para siempre” sirva a las investigaciones para desarrollar tratamientos para los parálíticos y para los que sufren de enfermedades hoy incurables.

El futuro transhumano del hombre

Como sugería en el capítulo titulado “La vida cotidiana en 2030”, de aquí a veinticinco años los humanos se conectarán directamente a la “super-web” vía interfaces neuronales, nano-ordenadores integrados en sus cuerpos y sistemas de monitorización. Muchos tendremos asistentes virtuales

–personalidades programadoras– que serán nuestros constantes amigos y ayudantes.

Llevaremos la tecnología sobre nuestro cuerpo y dentro de él, y habremos empezado a modificar nuestra propia biología al usar la ingeniería genética, las células madre y la nano-medicina –cambiando, asimismo, la noción de ser un humano. “Transhumano” y “tranhumanismo” son términos ya propuestos para describir el nuevo tipo de humano, aumentado y mejorado, que empezará a aparecer mucho antes del año 2030. Wikipedia explica así el concepto:

El transhumanismo (a veces abreviado por >H o H+) es un movimiento internacional, intelectual y cultural, que sostiene el uso de nuevas ciencias y tecnologías para mejorar las aptitudes y las capacidades humanas mental y física, y mejorar los aspectos de la condición humana que se consideran indeseables e innecesarios, como la tontería, el sufrimiento, la enfermedad, el envejecimiento y la muerte involuntaria.³⁸⁵

Desde luego, esos transhumanos, crecientemente mejorados y aumentados, vivirán en un planeta sobre el que habrán surgido máquinas super inteligentes. Estas dos nuevas formas de entidad deberían aprender a convivir, y algunos futuristas están hablando ya de relaciones sexuales y románticas entre los humanos y las personalidades informáticas.

¿Cuáles serán las relaciones entre los humanos y sus amigos robots? Es evidente que deberíamos tener una vida más

larga, y nuestros niños más aún. En un artículo publicado en 1993, “*The Coming Technological Singularity: How to survive in the post-human era*”^{*}, Vernor Vinge subraya esta observación sobre el alargamiento extremo de la vida:

Una mente que conserva el mismo nivel de capacidad no puede vivir eternamente. Después de unos miles de años, se parecería más a un magnetófono que a una persona. Para vivir indefinidamente, la propia mente tiene que desarrollarse... y cuando haya llegado a ser lo bastante grande y mire hacia atrás... ¿qué sentimiento de empatía puede experimentar hacia el alma que originalmente fue? Es cierto que el ser ulterior sería todo lo que había sido el ser original, pero también mucho más.³⁸⁶

Pero, antes de mirar hacia un futuro muy lejano, chequeémos la naturaleza probable de la vida en 2030. La mayor parte de la población mundial seguirá luchando por ganarse la vida y alimentar a su familia. Los desarrollos tecnológicos y la globalización (si la actual avanza de modo ético y sostenible) habrán ayudado a que millones de otros individuos salgan de la indigencia más completa, pero, para los humanos, en su mayoría, la vida se parecerá bastante a la que conocemos hoy, aunque las comunicaciones y la asistencia médica habrán mejorado mucho.

Más allá de la “Singularidad” (que debería ocurrir en 2030), la vida será muy diferente para la gente rica de las naciones desarrolladas. Es virtualmente imposible predecir lo que será realizable cuando tengamos ordenadores más in-

^{*} Ndt: “La singularidad por venir : cómo sobrevivir en la era Post-humana”.

teligentes que los humanos (y empiecen a exigir sus propios derechos).

En su libro publicado en 2007, *Beyond AI: Creating the Conscience of the Machine*^{*}, el Dr. Storrs Hall intenta predecir las capacidades que tendrá esa inteligencia artificial, (siendo un “epihumano” una máquina con una capacidad justo por encima del nivel humano, y un “hiperhumano” una inteligencia artificial mucho más lista que una humana):

Imagínense una IA que representa mil IAs epihumanas, todas estrechamente integradas en una sola. Tal inteligencia sería capaz de superar la comunidad científica humana en la realización de cualquier tarea, o de entender todo el saber científico en su conjunto. Una IA hiperhumana empezaría a auto-mejorarse, y mucho más rápidamente que lo que pueden hacer los humanos. Descubriría los vacíos de la ciencia y la ingeniería, y promovería avances fulgurantes en las capacidades tecnológicas.

La comunidad científica todavía no sabe cuántos espacios de progreso posibles quedan por cubrir en cuanto a las capacidades de las tecnologías físicas actuales. Nanotecnologías maduras, por ejemplo, podrían reemplazar todas las reservas de patrimonio –las fábricas, los edificios, las carreteras, los coches, los camiones, los aviones y otras máquinas– de los Estados Unidos, en una semana. Y eso utilizando la ciencia conocida hoy y añadiéndole una pizca de desarrollo en el campo de la ingeniería.

^{*} NdT: “Más allá de la IA: creación de la conciencia de la máquina”.

¿Cómo reaccionarán los humanos ante la llegada de tal inteligencia, de tal super-capacidad a la Tierra? Muy simple: no lo sabemos y no podremos saberlo.

En un plazo más largo, yo sospecho, y esto desde hace 40 años, que los humanos mejorados y la super-inteligencia informática se fusionarán para formar una especie nueva que nos sucederá. Una especie no-biológica que, por fin, podrá extenderse y colonizar el sistema solar, y, un día, eventualmente, el universo.

No veo a las personalidades informáticas super-inteligen-tes del futuro como criaturas horrosas, sino como un producto natural y una extensión de nosotros mismos. Serán, sin duda alguna, nuestros hijos.

Referencias

- 1 <http://www.oed.com/>
- 2 http://www.un.org/esa/population/publications/longrange/long-range_working-paper_final.PDF
- 3 <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/Papers/gkh1/chap1.htm>
- 4 http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm
- 5 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4148164.stm>
- 6 <http://www.penguin.co.uk/nf/Book/BookDisplay/0,,9780713999143,00.html>
- 7 http://lfpres.ca/newsstand/Business/Columnists/Canton_David/2007/07/23/4360951-sun.html
- 8 <http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=3895&language=1>
- 9 http://lfpres.ca/newsstand/Business/Columnists/Canton_David/2007/07/23/4360951-sun.html
- 10 <http://usinfo.state.gov/xarchives/display.html?p=washfile-english&y=2007&m=March&x=20070316120637lcnirelep0.8339044>
- 11 http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human_pop/human_pop.html
- 12 http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=20601100&sid=aOKnfZTfWt_ho&refer=germany
- 13 <http://www.un.org/News/Press/docs/2007/pop952.doc.htm>
- 14 http://www.swissinfo.org/eng/front/detail/Immigration_to_boost_population_increase.html?siteSect=105&sid=7756322&cKey=1177585930000
- 15 http://www.aei.org/publications/filter.all,pubID.26040/pub_detail.asp

- 16 <http://edcoord.mit.edu/soapbox/viewtopic.php?p=63&>
- 17 <http://www.ipcc.ch/activity/wg2outlines.pdf>
- 18 <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2007/01/18/nclimate118.xml>
- 19 <http://www.australianoftheyear.gov.au/pages/page308.asp>
- 20 <http://www.theweathermakers.com/>
- 21 http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm
- 22 <http://www.earthinstitute.columbia.edu/grocc/documents/MunichReHurricanereport.pdf>
- 23 <http://www.abc.net.au/rn/scienceshow/stories/2006/1658637.htm>
- 24 <http://www.australiancoal.com.au/electricity.htm>
- 25 <http://www.theaustralian.news.com.au/story/0,20867,21201452-12250,00.html>
- 26 <http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/nrenmp.nsf/childdocs/-F3E8F7FE27CEB5ABCA2570030000808E?open>
- 27 <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2002/06/deaton.htm>
- 28 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=E1_RRRDRJD
- 29 http://english.people.com.cn/english/200006/09/eng20000609_42650.html
- 30 http://english.people.com.cn/200202/03/eng20020203_89852.shtml
- 31 <http://www.spiegel.de/international/0,1518,457017,00.html>
- 32 <http://www.naisbitt.com/>
- 33 <http://www.foet.org/JeremyRifkin.htm>
- 34 <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/GEPEXT/EXTGEP2007/0,,menuPK:3016160~pagePK:64167702~piPK:64167676~theSitePK:3016125,00.html>
- 35 <http://www.nyu.edu/fas/institute/dri/Easterly/>
- 36 <http://www.csae.ox.ac.uk/members/biogs/collier.html>
- 37 <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0134.html>
- 38 <http://karmak.org/archive/2003/01/art0134.html>
- 39 http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity

- 40 http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/resource/media.shtml
- 41 <http://www.newscientist.com/channel/health/mg19325955.800-genomes-guardian-gets-a-tan-started.html>
- 42 <http://www.newscientist.com/channel/health/mg19526134.600-extra-genes-help-mice-keep-youthful-looks.html>
- 43 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/4075615.stm>
- 44 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/1229281.stm>
- 45 http://www.enquirer.com/editions/2004/07/25/loc_lungcancer25main.html
- 46 <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2007/04/09/npill09.xml>
- 47 http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/medicine/genetherapy.shtml
- 48 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A16132-2004Oct7.html>
- 49 <http://edition.cnn.com/2006/HEALTH/conditions/04/03/engineered.organs/index.html>
- 50 <http://www.physorg.com/news94713415.html>
- 51 http://www.sciam.com/print_version.cfm?articleID=9ADFDA3D-E7F2-99DF-3FD9B26203EA60CD
- 52 <http://www.amazon.com/Extreme-Future-Trends-Reshape-World/dp/0525949380>
- 53 <http://www.umiacs.umd.edu/~allisond/>
- 54 <http://www.nickbostrom.com/revolutions.pdf>
- 55 <http://www.dreamcompany.dk/index.php?id=105>
- 56 <http://www.cifs.dk/en/>
- 57 http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2007/05/14/100008848/
- 58 http://www.research.bayer.com/edition_17/17_future_living_en.pdfx
- 59 <http://www.cellular-news.com/story/21261.php>
- 60 <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2007/05/07/MINGNEPMD801.DTL&hw=Scientists+look+high+in+the+sky+for+power&sn=001&sc=1000>

- 61 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19526131.700-a-sunshade-for-the-planet.html>
- 62 <http://ieet.org/index.php/IEET/bio/hughes/>
- 63 <http://www.ieet.org/>
- 64 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19225780.076-the-big-questions-what-comes-after-ihomo-sapiensi.html>
- 65 <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>
- 66 http://www.programresources.com/spkr/cetron_marvin.htm
- 67 http://www.allbookstores.com/author/Owen_Davies.html
- 68 <http://www.amazon.com/Probable-Tomorrows-Library-Marvin-Cetron/dp/078611181X>
- 69 <http://www.technologyreview.com/search.aspx?s=The+Promise+of+Personal+Supercomputers&Search.x=32&Search.y=11>
- 70 http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_RSRTQPV
- 71 <http://64.233.183.104/search?q=cache:tje0WmF-IGcJ:ftp://reports.stanford.edu/pub/cstr/reports/csl/tr/82/232/CSL-TR-82-232.pdf+microprocessor+design+plastic&hl=en&ct=clnk&cd=5&gl=uk&client=firefox-a>
- 72 http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9013921&intsrc=hm_list
- 73 <http://www.nature.com/news/2007/070226/full/070226-10.html>
- 74 http://news.com.com/HP+touts+new+mold+for+the+chip+industry/2100-1008_3-6180595.html?tag=cd.top
- 75 <http://www.peak.sfu.ca/the-peak/2005-1/issue8/fe-future.html>
- 76 <http://www.useit.com/alertbox/980405.html>
- 77 <http://www.peak.sfu.ca/the-peak/2005-1/issue8/fe-future.html>
- 78 <http://instapundit.com/archives/025289.php>
- 79 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=E1_JDRDDNQ
- 80 <http://www.csail.mit.edu/biographies/PI/bioprint.php?PeopleID=7>
- 81 <http://www.computerworld.com/mobiletopics/mobile/technology/story/0,10801,92806,00.html>

- 82 <http://www.fr.rentokil.com/en/solutions-and-services/our-solutions/rodent-prevention/mouse-radar/index.html>
- 83 <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1601/1/1/>
- 84 http://en.wikipedia.org/wiki/Web_2
- 85 <http://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>
- 86 <http://www.wikipedia.org/>
- 87 http://www.eu.socialtext.net/wikinomics/index.cgi?wikinomics_beyond_business
- 88 <http://www.hammond.co.uk/onlinehandbook.html>
- 89 <http://www.hammond.co.uk/onlinehandbook.html>
- 90 <http://discovermagazine.com/2007/jan/interview-minsky/>
- 91 <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>
- 92 <http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>
- 93 <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0106.html?>
- 94 http://news.com.com/2100-11395_3-6160372.html
- 95 <http://www.ft.com/cms/s/c3e49548-088e-11dc-b11e-000b5df10621.html>
- 96 <http://www.hammond.co.uk/emergencepageandprologue.html>
- 97 <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/homepage1.html>
- 98 <http://www.amazon.com/Beyond-AI-Creating-Conscience-Machine/dp/1591025117>
- 99 <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=873634.873639>
- 100 <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- 101 <http://www.e-drexler.com/d/06/00/Nanosystems/toc.html>
- 102 http://www.trnmag.com/Stories/2003/071603/Electricity_shapes_nano_plastic_071603.html
- 103 <http://www.crichton-official.com/prey/>
- 104 http://en.wikipedia.org/wiki/Grey_goo
- 105 <http://www.kurzweilai.net/articles/art0596.html?printable=1>
- 106 http://smalley.rice.edu/smalley.cfm?doc_id=4855
- 107 <http://www.ostp.gov/PCAST/PCAST%203-3-03%20R%20Smalley%20Slides.pdf>

- 108 http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity
- 109 <http://mindstalk.net/vinge/vinge-sing.html>
- 110 http://bctim.wustl.edu/topics/topics.cfm?categories_id=110&id=319
- 111 <http://www.aleph.se/Trans/Global/Singularity/singul.txt>
- 112 <http://www.nanotechnology.com/blogs/steveedwards/2005/10/steve-edwards.html>
- 113 <http://www.21c.com.au/>
- 114 <http://www.victorianweb.org/science/butler.html>
- 115 http://www.edge.org/3rd_culture/dyson/dyson_p1.html
- 116 <http://www.grist.org/pdf/AbruptClimateChange2003.pdf>
- 117 http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Schwartz_%28futurist%29
- 118 <http://www.gbn.com/PersonBioDisplayServlet.srv?pi=24790>
- 119 <http://www.gbn.com/PersonBioDisplayServlet.srv?pi=24790>
- 120 <http://observer.guardian.co.uk/international/story/0,6903,1153513,00.html>
- 121 <http://www.hammond.co.uk/extinctionpageandprologue.html>
- 122 <http://news.independent.co.uk/environment/article53630.ece>
- 123 http://www.ace.mmu.ac.uk/Resources/Fact_Sheets/Key_Stage_4/Ozone_Depletion/05.html
- 124 <http://www.smh.com.au/articles/2002/09/16/1032054763580.html>
- 125 <http://www.theweathermakers.com/>
- 126 <http://www.g8.gov.uk/servlet/Front?pagename=OpenMarket/Xcelerate/ShowPage&c=Page&cid=1078995903270&aid=1097485779120>
- 127 http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- 128 http://www.un.org/Pubs/chronicle/2007/webArticles/022107_stern_atUN.htm
- 129 <http://environment.guardian.co.uk/climatechange/story/0,,2017600,00.html>
- 130 <http://www.ft.com/cms/s/a8f0f6fe-cc03-11db-a661-000b5df10621.html>
- 131 <http://www.ipcc.ch/>
- 132 http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCCSpecialReportonCarbondioxideCaptureandStorage.htm

- 133 <http://www.pik-potsdam.de/>
- 134 <http://www.noc.soton.ac.uk/>
- 135 <http://www.theweathermakers.com/>
- 136 <http://www.springerlink.com/content/04p1h2335775h222/>
- 137 [http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/
COP9.pdf](http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/COP9.pdf)
- 138 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/6228765.stm>
- 139 [http://www.nytimes.com/2007/10/02/science/earth/02arct.html?_r=2&ore
f=slogin&ref=science&pagewanted=print](http://www.nytimes.com/2007/10/02/science/earth/02arct.html?_r=2&oref=slogin&ref=science&pagewanted=print)
- 140 <http://www.evsc.virginia.edu/faculty/people/ruddiman.shtml>
- 141 [http://www.nytimes.com/2007/03/21/washington/21cnd-gore.html?_
r=1&hp&oref=slogin](http://www.nytimes.com/2007/03/21/washington/21cnd-gore.html?_r=1&hp&oref=slogin)
- 142 <http://www.ethicalcorp.com/content.asp?ContentID=4782>
- 143 [http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=38
72&language=1](http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=3872&language=1)
- 144 <http://www.globalcanopy.org/>
- 145 [http://news.independent.co.uk/environment/climate_change/
article2539349.ece](http://news.independent.co.uk/environment/climate_change/article2539349.ece)
- 146 http://news.cheapflights.co.uk/flights/2007/01/ryanair_hits_ba.html
- 147 <http://www.csmonitor.com/2007/0220/p03s01-ussc.html>
- 148 <http://www.anba.com.br/ingles/noticia.php?id=14039>
- 149 <http://news.independent.co.uk/environment/article2062484.ece>
- 150 [http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2004/05/14/
BAGJG6LG3R15.DTL](http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2004/05/14/BAGJG6LG3R15.DTL)
- 151 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/asia-pacific/2023371.stm>
- 152 <http://www.planetark.org/dailynewsstory.cfm/newsid/33779/story.htm>
- 153 http://www.foe.co.uk/resource/briefing_notes/monsanto_key_facts.pdf
- 154 [http://www.scidev.net/Opinions/index.cfm?fuseaction=readOpinions&ite
mid=622&language=1](http://www.scidev.net/Opinions/index.cfm?fuseaction=readOpinions&itemid=622&language=1)
- 155 [http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_
RSRTQQQ](http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1RSRTQQQ)
- 156 http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_monoxide

- 157 http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_oxide#NOx
- 158 http://www.who.int/whosis/mort/profiles/mort_euro_tur_turkey.pdf
- 159 http://english.people.com.cn/200702/20/eng20070220_351364.html
- 160 <http://www.skysails.info/index.php?L=1>
- 161 <http://www.gizmag.com/go/7262/>
- 162 <http://www.dti.gov.uk/files/file20263.pdf>
- 163 <http://www.tyndall.ac.uk/>
- 164 http://www.foe.co.uk/campaigns/climate/news/carbon_budget.html#report
- 165 <http://www.rcep.org.uk/aviation/av12-txt.pdf>
- 166 <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/010.htm>
- 167 Time 1988, v131n23, Jun 6, p. 62
- 168 http://www.foe.co.uk/resource/reports/living_carbon_budget.pdf
- 169 http://www.sbac.co.uk/community/cms/content/preview/news_item_view.asp?i=16440&t=0
- 170 http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=9283709
- 171 http://www.easyjet.com/EN/News/easyjet_ecojet.html
- 172 http://www.easyjet.com/EN/News/too_dirty_to_fly.html
- 173 <http://search.ft.com/iab?queryText=Airbus%20Call%20To%20Boeing%20On%20Green%20Jet%20Technology&y=9&aaje=true&cx=20&id=070615000078&location=http%3A%2F%2Fsearch.ft.com%2FftArticle%3FqueryText%3DAirbus+Call+To+Boeing+On+Green+Jet+Technology%26y%3D9%26aaje%3Dtrue%26x%3D20%26id%3D070615000078&referer=http%3A%2F%2Fsearch.ft.com%2Fsearch%3FqueryText%3DAirbus+Call+To+Boeing+On+Green+Jet+Technology>
- 174 <http://www.guardian.co.uk/environment/2006/oct/18/green.guardiansocietysupplement>
- 175 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/carbon_offsetting_18012007.html
- 176 <http://www.gizmag.com/go/7710/>
- 177 http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/transport/article1765284.ece

- 178 <http://www.cs.bc.edu/~muller/teaching/cs021/lib/ClimateChange.pdf>
- 179 http://www.californiaprogressreport.com/2007/02/can_global_warm.html
- 180 <http://www.ft.com/cms/s/af264dbe-77f6-11db-be09-0000779e2340.html>
- 181 <http://news.independent.co.uk/world/americas/article2720076.ece>
- 182 Alistair Darling, Secretary of State for Energy, House of Commons May 23rd, 2007
- 183 <http://www.alertnet.org/thenews/newsdesk/SP143872.htm>
- 184 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19325975.600-its-lights-out-for-classic-household-bulb.html>
- 185 <http://www.euractiv.com/en/energy/germany-wants-energy-passport-buildings/article-163297>
- 186 <http://www.homeinformationpacks.gov.uk/consumer/>
- 187 'David Strong, presentation to the "Resource '05' conference, Building Research Establishment, Watford 15 September 2005.
- 188 House of Lords Select Committee on Science and Technology, 'Energy Efficiency' 5 July 2005, para 6.25.
- 189 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg18825246.400-how-green-is-your-house.html;jsessionid=IBPOAKDBADLF>
- 190 <http://tls.timesonline.co.uk/article/0,,25350-2633036,00.html>
- 191 http://www.foe.co.uk/campaigns/climate/big_ask/
- 192 <http://www.defra.gov.uk/news/latest/2007/climate-0313.htm>
- 193 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/joint_committee_on_draft_c_03082007.html
- 194 <http://www.ipcc.ch/>
- 195 http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=E1_JTVPVGJ
- 196 <http://www.plymouth.ac.uk/pages/view.asp?page=8332>
- 197 http://www.recordnet.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20070219/A_NEWS/702190331
- 198 <http://www.opcleansweep.org/>
- 199 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=9302727
- 200 U.S. Department of Energy 2005, the American Institute of Chemistry 2007.

- 201 <http://www.dnr.state.oh.us/recycling/plastics/code.htm>
- 202 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=9249262
- 203 <http://www.iht.com/articles/2007/02/21/news/trashlondon.php>
- 204 http://www.edie.net/news/news_story.asp?id=12661&channel=0
- 205 <http://www.marksandspencer.com/gp/browse.html?ie=UTF8&node=54784031&no=51360031&mnSBrand=core&me=A2BO0OYVBKIQJM>
- 206 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19426035.900-recycled-plastic-to-get-clean-bill-of-health.html>
- 207 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19426035.900-recycled-plastic-to-get-clean-bill-of-health.html>
- 208 <http://www.recyclingtoday.com/news/news.asp?ID=11125>
- 209 PlasticsEurope General Assembly June 14 2007
- 210 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19425981.400-packaging--unwrapped.html>
- 211 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19425981.400-packaging--unwrapped.html>
- 212 <http://www.ilea.org/lcas/franklin1990.html>
- 213 <http://www.combusem.com/COMMONER.HTM>
- 214 <http://money.cnn.com/2007/01/10/magazines/fortune/zerowaste.fortune/index.htm>
- 215 <http://news.independent.co.uk/business/comment/article2470140.ece>
- 216 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/highlights.html>
- 216 <http://www.eurasianet.org/departments/insight/articles/eav032707a.shtml>
- 217 <http://www.dieterhelm.co.uk/>
- 218 Professor Dieter Helm interview of BBC Radio 4's 'News At 6pm' May 14th 2007.
- 219 http://www.economist.com/world/europe/displaystory.cfm?story_id=E1_JDDJDQI
- 220 Conversation privée entre un membre de la Commission sur l'énergie de l'UE et l'auteur.
- 221 http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm
- 222 <http://www.windaction.org/news/8403>

- 223 <http://www.energia.gr/indexenbr.php?newsid=13615&lang=en>
- 224 <http://www.capitalfm.co.ke/news/newsarticle.asp?newsid=1975&newscategoryid=1>
- 225 <http://www.pinsentmasons.com/media/191696781.htm>
- 226 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928
- 227 <http://www.iht.com/articles/ap/2007/03/22/business/EU-FIN-Eastern-Europe-Renewable-Energy.php>
- 228 James Canton ‘The Extreme Future’
- 229 http://www.iol.co.za/index.php?set_id=1&click_id=31&art_id=nw20070705145530152C685861
- 230 <http://www.guardian.co.uk/eu/story/0,,2029941,00.html>
- 231 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=9719029
- 232 http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/04/02_nuclear.shtml
- 233 <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/story/0,,2083947,00.html>
- 234 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/government_publishes_energ_22052007.html
- 235 http://www.lbst.de/publications/articles2005/48_Zittel-AWEO_Rimini-29-Oct-2005.pdf
- 236 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/coal.html>
- 237 <http://www.csmonitor.com/2004/0226/p01s04-sten.html>
- 238 <http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=402>
- 239 <http://www.businessweek.com/ap/financialnews/D8P4O7GO0.htm>
- 240 <http://environment.guardian.co.uk/climatechange/story/0,,2106689,00.html>
- 241 http://www.worldcoal.org/environment_&_society.asp
- 242 <http://web.mit.edu/coal/>
- 243 <http://www.prdomain.com/companies/S/Siemens/newsreleases/200731439616.htm>
- 244 <http://www.newscientisttech.com/article/dn10478-geothermal-power-plants-could-also-consume-co2.html>
- 245 http://www.lbst.de/publications/articles2005/48_Zittel-AWEO_Rimini-29-Oct-2005.pdf
- 246 <http://www.ft.com/cms/s/2d97d75a-2e0c-11dc-821c-0000779fd2ac.html>

- 247 <http://www.guardian.co.uk/environment/2007/jul/26/recycling-carbonfootprints>
- 248 <http://www.guardian.co.uk/environment/2007/jul/26/recycling-carbonfootprints>
- 249 http://www.foe.co.uk/resource/reports/living_carbon_budget.pdf
- 250 http://www.gulf-times.com/site/topics/article.asp?cu_no=2&item_no=136567&version=1&template_id=48&parent_id=28
- 251 <http://www.betterhomebetterplanet.com/index.php?mode=about>
- 252 <http://www.corporate.basf.com/en/sustainability/presse/pm.htm?pmid=2632&id=V00-UL.NeAT1Tbcp3gc>
- 253 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4299876.stm>
- 254 <http://www.nytimes.com/2007/05/10/technology/10blue.html>
- 255 http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&taxonomyId=14&articleId=9024451&intsrc=hm_topic
- 256 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2077986.stm>
- 257 http://news.com.com/Coming+soon+Cars+that+get+100+miles+per+gallon/2100-11389_3-6064584.html
- 258 http://www.sustainabilityinstitute.org/dhm_archive/index.php?display_article=vn560supercared
- 259 <http://www.euractiv.com/en/energy/analysis-efficiency-coal-fired-power-stations-evolution-prospects/article-154672>
- 260 <http://www.technologyreview.com/Energy/18211/page1/>
- 261 http://smalley.rice.edu/smalley.cfm?doc_id=4855
- 262 http://www.amazon.com/Singularity-Near-Humans-Transcend-Biology/dp/0143037889/ref=pd_bbs_sr_1/104-7962606-9738369?ie=UTF8&s=books&qid=1179331027&sr=1-1
- 263 <http://adsabs.harvard.edu/abs/1980STIN...8115208K>
- 264 http://www.iset.uni-kassel.de/pls/w3isetdad/www_iset_page.show_menu?p_lang=ger
- 265 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=9539765
- 266 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_RSGGDQV

- 267 <http://www.cleantechblog.com/reports-trends2007.php>
- 268 http://www.economist.com/world/na/displaystory.cfm?story_id=E1_JTQJRRN
- 269 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=E1_RJGDQTN
- 270 <http://www.cleantechblog.com/2007/05/gas-misers-or-corn-guzzlers.html>
- 271 'Costing The Earth,' BBC Radio 4, May 18, 2007
- 272 <http://www.reuk.co.uk/What-is-Jatropha.htm>
- 273 <http://www.ft.com/cms/s/6dd5256a-261a-11dc-8e18-000b5df10621.html>
- 274 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3746554.stm>
- 275 'Costing The Earth,' BBC Radio 4, May 18, 2007
- 276 <http://www.peopleandplanet.net/doc.php?id=2596>
- 278 <http://www.solazyme.com/>
- 279 <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/c/a/2007/03/04/MNG2EOF85M1.DTL&type=printable>
- 280 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/03/20/AR2007032001634.html>
- 281 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928
- 282 <http://www.york.ac.uk/res/celp/webpages/projects/foe/fullreportfinal.pdf>
- 283 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/energy-fuels/mg19325861.400;jsessionid=JAPAGBJLNPAP>
- 284 http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_RJPVDNT
- 285 <http://www.power-technology.com/projects/middelgrunden/>
- 286 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928
- 287 <http://www.iop.org/EJ/abstract/0268-1242/17/12/306/>
- 288 <http://www.apsl.org.uk/?tabid=887>
- 289 <http://news.softpedia.com/news/Danish-Researchers-Announce-a-New-Type-of-Plastic-Solar-Panels-4973.shtml>
- 290 <http://www.engadget.com/2006/12/06/solar-cell-breakthrough-40-efficiency-achieved/>
- 291 <http://www.engadget.com/2006/12/06/solar-cell-breakthrough-40-efficiency-achieved/>

- 292 <http://www.physorg.com/news8236.html>
- 293 <http://www.scenta.co.uk/Home/1579885/nanotech-breakthrough-wins-prize.htm>
- 294 <http://www.technologyreview.com/Energy/18415/>
- 295 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_RSGGDQV
- 296 http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=496594&isnumber=10685
- 297 http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/projects/all_projects/Projektbeschreibung_MED-CSP/Final_Report_PDF/MED-CSP_Full_report_final.pdf
- 298 http://www.trec-uk.org.uk/reports/TRANS-CSP_Full_Report_Final.pdf
- 299 <http://physorg.com/news103997338.html>
- 300 <http://www.technologyreview.com/Energy/19044/>
- 301 Dans une note du professeur I.M. Dharmadasa à l'attention de l'auteur.
- 302 <http://www.commutercars.com/h2/>
- 303 http://news.com.com/Producing+hydrogen+with+water+and+a+little+metal/2100-11392_3-6184879.html
- 304 <http://www.scidev.net/Features/index.cfm?fuseaction=readFeatures&itemid=604&language=1>
- 305 <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00501/index.html?lang=en>
- 306 <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/article1782183.ece>
- 307 <http://www.theaustralian.news.com.au/story/0,20867,21228619-30417,00.html>
- 308 <http://www.theweathermakers.com/>
- 309 http://www.economist.com/world/international/PrinterFriendly.cfm?story_id=9086536
- 310 <http://news.scotsman.com/scotland.cfm?id=410762007>
- 311 http://www.nytimes.com/2007/04/30/business/30energy.html?_r=2&ref=business&oref=slogin&oref=slogin
- 312 http://bioenergyuiuc.blogspot.com/2007_03_01_archive.html
- 313 http://www.greenoptions.com/blog/2007/03/16/man_lives_pollution_free_in_first_solar_hydrogen_house

- 314 <http://www.newwritingpartnership.org.uk/nwp/site/writer.acds?context=1515049&instanceid=1943106>
- 315 <http://www.sandia.gov/news/resources/releases/2007/rapid-fire-pulse.html>
- 316 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4627237.stm>
- 317 <http://secondlife.com/>
- 318 www.myspace.com
- 319 www.3b.net/
- 320 www.facebook.com
- 321 http://secondlife.com/whatis/economy_stats.php
- 322 <http://www.technologyreview.com/Infotech/18911/>
- 323 <http://arts.guardian.co.uk/art/architecture/story/0,,2121879,00.html>
- 324 http://news.com.com/IBMs+chief+steps+into+Second+Life+for+incubator+launch/2100-1014_3-6135109.html
- 325 <http://www.wired.com/wired/archive/9.12/surveillance.html>
- 326 http://news.bbc.co.uk/1/hi/wales/north_east/6224383.stm
- 327 <http://www.vonnegutweb.com/playerpiano/index.html>
- 328 <http://www.eff.org/effector/effect04.01>
- 329 <http://visionarymarketing.com/handytrust.html>
- 330 <http://www.smh.com.au/news/biztech/virtual-property-queen-reaps-the-rewards/2006/11/27/1164476080388.html>
- 331 <http://www.allbusiness.com/professional-scientific/scientific-research/485110-1.html>
- 332 <http://www.technologyreview.com/Nanotech/18841/>
- 333 <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/green/docs/plastics.pdf>
- 334 <http://physorg.com/news101050050.html>
- 335 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=9581334
- 336 http://findarticles.com/p/articles/mi_m0HFI/is_6_53/ai_86204880
- 337 http://www.research.philips.com/technologies/syst_softw/robotics/index.html
- 338 <http://www.technologyreview.com/Infotech/19102/>
- 339 <http://www.telegraph.co.uk/connected/main.jhtml?view=DETAILS&grid=&xml=/connected/2007/02/18/nrobot18.xml>

- 340 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=E1_RRQSRQG
- 341 <http://www.grameenphone.com/>
- 342 <http://spicyipindia.blogspot.com/2007/05/fishing-for-technologyor-vice-versa.html>
- 343 http://www.economist.com/world/africa/displaystory.cfm?story_id=9304146
- 344 <http://www.guardian.co.uk/science/story/0,,2064170,00.html>
- 345 <http://world.honda.com/ASIMO/>
- 346 <http://www.engadget.com/2006/09/28/south-korean-gun-toting-sentries-to-protect-serve/>
- 347 http://www.gcn.com/online/vol1_no1/25187-1.html
- 348 http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=7001829
- 349 <http://ro-man2006.feis.herts.ac.uk/>
- 350 <http://www.guardian.co.uk/science/story/0,,1860837,00.html>
- 351 <http://www.newscientisttech.com/channel/tech/mg19426046.300-selfaware-robot-turns-mirror-on-humankind.html>
- 352 <http://www.physorg.com/news91372110.html>
- 353 <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/sciam.inherit.html>
- 354 http://www.nytimes.com/2007/06/03/weekinreview/03harm.html?_r=2&ref=science&oref=slogin&oref=slogin
- 355 http://www.fmiclinic.com/learn_more/terry_grossman.php
- 356 <http://www.fantastic-voyage.net/>
- 357 <http://www.reason.com/news/show/121638.html>
- 358 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A11564-2004Oct6.html>
- 359 <http://user.demogr.mpg.de/jwv/pdf/AmActJournal2002.pdf>
- 360 <http://www.ft.com/cms/s/2a21ad9a-2ff0-11dc-a68f-0000779fd2ac.html>
- 361 www.lipitor.com
- 362 http://www.mypharmacy.co.uk/health_products/products/o/omron/blood_pressure_monitors/omron_rx3.htm
- 363 <http://www.fantastic-voyage.net/>
- 364 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/1552211.stm>

- 365 http://news.bbc.co.uk/1/hi/england/north_yorkshire/6645923.stm
- 366 <http://www.medick.com/mhm100>
- 367 <http://www.bionicear.org/>
- 368 <http://www.abc.net.au/science/news/stories/s1342345.htm>
- 369 <http://www.news.wisc.edu/13471>
- 370 <http://www.newscientisttech.com/channel/tech/dn11226-nanotubes-smuggle-antihiv-molecules-into-cells.html>
- 371 <http://media.www.jhunewsletter.com/media/storage/paper932/news/2007/04/12/Science/Plastic.Robot.Allows.Remote.Surgery.With.Live.Imaging-2839595.shtml>
- 372 <http://www.newscientist.com/channel/being-human/mg19325941.700-skin-colour-cracking-the-genetic-code.html;jsessionid=HGILLDPALHMD>
- 373 <http://www.medicalnewstoday.com/healthnews.php?newsid=71178>
- 374 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>
- 375 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/2932561.stm>
- 376 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>
- 377 <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/science/article1690544.ece>
- 378 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8603652&dopt=Abstract
- 379 <http://www.ia.ucsb.edu/pa/display.aspx?pkey=1571>
- 380 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>
- 381 <http://www.technologyreview.com/Biotech/18704/>
- 382 <http://www.thestar.com/News/article/234789>
- 383 <http://www.scienceblog.com/cms/nanotechnology-offers-hope-spinal-cord-diabetes-parkinsons-13064.html>
- 384 <http://www.nanotechproject.org/114>
- 385 <http://en.wikipedia.org/wiki/Transhumanism>
- 386 <http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>