

El futuro es
mejor de lo
que piensas

Abundancia

Peter H.
Diamandis

Steven
Kotler



ABUNDANCIA

ABUNDANCIA

El futuro es mejor de lo que piensas

Peter H. Diamandis
y Steven Kotler

Traducción de Ricardo Artola

Antoni Bosch editor, S.A.
Palafolls 28, 08017 Barcelona, España
Tel. (+34) 93 206 0730
info@antonibosch.com
www.antonibosch.com

Título original de la obra:
Abundance; The Future is Better Than You Think

© 2012 Peter H. Diamandis; Steven Kotler
© 2013 de la edición en español: Antoni Bosch editor, S.A.

ISBN: 978-84-95348-92-0
Depósito legal: B.5056-2013

Diseño de la cubierta: Compañía
Fotocomposición: Enric Rújula
Corrección: Andreu Navarro
Impresión: Novoprint

Impreso en España
Printed in Spain

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, reprográfico, gramofónico u otro, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Dedicatoria de Peter

Durante la escritura de este libro, mi mujer, Kristen, dio a luz a nuestros dos hijos, Jet James Diamandis y Daxton Harry Diamandis. Dedico este libro a ella y a ellos. Que Dax y Jet vivan en un mundo de auténtica Abundancia.

Dedicatoria de Steven

Cuando era más joven, un quinteto de personas me enseñaron la importancia de tener sueños ambiciosos: Daniel Kamionkowski, Joshua Lauber, Steve Peppercorn, Howard Shack y Michael Wharton. Cuando me hice mayor, un trío de mujeres me enseñaron lo duro que hay que luchar para conseguir que esos sueños se hagan realidad: mi mujer, Joy Nicholson; la doctora Kathleen Ramsey y la doctora Patricia Wright. Os dedico este libro a todos vosotros.

Índice

Nota de los autores	11
I. PERSPECTIVA	
Capítulo 1. Nuestro mayor desafío	17
Capítulo 2. Construir la pirámide	27
Capítulo 3. Ver el bosque a través de los árboles	45
Capítulo 4. No es tan malo como piensas	59
II. TECNOLOGÍAS EXPONENCIALES	
Capítulo 5. Ray Kurzweil y el botón para ir rápido	75
Capítulo 6. La singularidad está más cerca	85
III. CONSTRUIR LA BASE DE LA PIRÁMIDE	
Capítulo 7. Los instrumentos de la cooperación	105
Capítulo 8. Agua	115
Capítulo 9. Alimentar a 9.000 millones	133
IV. LAS FUERZAS DE LA ABUNDANCIA	
Capítulo 10. El «hazlo tú mismo» innovador	155
Capítulo 11. Los tecnofilántropos	171
Capítulo 12. Los mil millones emergentes	181
V. LA CIMA DE LA PIRÁMIDE	
Capítulo 13. Energía	199
Capítulo 14. Educación	223
Capítulo 15. Asistencia sanitaria	241
Capítulo 16. Libertad	261
VI. CONDUCIR MÁS RÁPIDAMENTE	
Capítulo 17. Manejar la innovación y los avances tecnológicos	273
Capítulo 18. Riesgo y fracaso	285
Capítulo 19. ¿Qué es lo siguiente?	295
Epílogo. El siguiente paso: únete al <i>HUB</i> de la abundancia	301
Sección de referencia con datos estadísticos	303
Apéndice. Peligros de los exponenciales	353
Notas	369
Agradecimientos	441
Índice analítico	443

Nota de los autores

Una perspectiva histórica

Vivimos tiempos turbulentos. Un rápido vistazo a los titulares de prensa es suficiente para ponerse de los nervios, y –con el torrente interminable de noticias en que se han convertido últimamente nuestras vidas– es difícil alejarse de esos titulares. Es aún peor, la evolución moldeó la mente humana para que fuera plenamente consciente de todos los peligros potenciales. Como se examinará en capítulos posteriores, esta nefasta combinación tiene un impacto profundo en la percepción humana: literalmente, elimina nuestra capacidad para asimilar las buenas noticias.

Esto representa para nosotros una especie de desafío, ya que *Abundancia* es un relato de buenas noticias. En su núcleo, este libro examina la dura realidad, la ciencia e ingeniería, las tendencias sociales y las fuerzas económicas que están transformando rápidamente nuestro mundo. Pero no somos tan ingenuos como para pensar que no habrá baches en el camino. Algunos serán grandes: graves crisis económicas, desastres naturales, ataques terroristas. Durante estos periodos, el concepto de abundancia parecerá muy lejano, extraño e incluso disparatado, pero un rápido vistazo a la historia nos muestra que el progreso continúa a lo largo de las épocas buenas y de las malas.

El siglo xx, por ejemplo, fue testigo tanto de progresos increíbles como de tragedias inenarrables. La epidemia de gripe de 1918 mató

a cincuenta millones de personas, la Segunda Guerra Mundial a otros sesenta millones. Hubo *tsunamis*, huracanes, terremotos, incendios, inundaciones e incluso plagas de langosta. A pesar de tales catástrofes, este periodo también contempló una caída de la mortalidad infantil del 90 por ciento, de la mortalidad materna del 99 por ciento, y, en conjunto, un aumento de la esperanza de vida del cien por cien. En las dos últimas décadas, Estados Unidos ha experimentado una enorme agitación económica. Sin embargo, hoy en día, incluso los estadounidenses más pobres tienen acceso al teléfono, a la televisión y al inodoro –tres lujos que incluso los más ricos ni podían imaginar a comienzos del siglo pasado–. De hecho, como quedará claro pronto, utilizando casi cualquier sistema de medición disponible hoy en día, la calidad de vida ha mejorado más en el último siglo que en cualquier otro momento anterior. Así, aunque probablemente habrá muchas interrupciones bruscas que nos partirán el corazón en el camino, como demostrará este libro, los niveles de vida medios, globalmente, continuarán mejorando con independencia de los horrores que dominan los titulares.

Por qué debería preocuparte

Este es un libro sobre mejorar los niveles de vida globales, y los que necesitan mayor ayuda para ello son los países en vías de desarrollo. Esto plantea una segunda pregunta. ¿Por qué debería preocuparnos esta cuestión a los que vivimos en países desarrollados? Después de todo, hay un montón de asuntos importantes a los que nos enfrentamos en nuestros propios países. Tanto la tasa de desempleo como de embargos en Estados Unidos y algunos países de Europa se están disparando, así que, dejando aparte las cuestiones humanitarias, ¿deberíamos perder el tiempo en trabajar por una era de abundancia global?

La respuesta concisa es sí. Nuestros días de aislamiento pertenecen en el pasado. En el mundo actual, lo que ocurre «allí» tiene un impacto «aquí». Las pandemias no respetan las fronteras, las organizaciones terroristas operan a escala global y la superpoblación es un problema de todos. ¿Cuál es la mejor manera de resolver estas cuestiones? Mejorar los niveles de vida globales. Las investigaciones

demuestran que, cuanto más rica, educada y sana es una nación, menos violencia y tensiones sociales hay entre su población y es menos probable que esas tensiones se extiendan más allá de sus fronteras. Como tales, los gobiernos estables están mejor preparados para frenar el brote de una enfermedad infecciosa antes de que se convierta en una pandemia global. Además, hay una correlación directa entre calidad de vida y tasas de crecimiento de población –a medida que aumenta aquella, disminuyen estas–. La cuestión es la siguiente: en el mundo hiperconectado actual, solucionar problemas en cualquier parte significa solucionarlos en todas partes.

Además, la mayor herramienta que tenemos para abordar nuestros desafíos globales es la mente humana. La revolución en marcha de la información y las comunicaciones se está extendiendo rápidamente por todo el planeta. Durante los próximos ocho años, tres mil millones de individuos se conectarán *online*, uniéndose a la conversación global y contribuyendo a la economía global. Sus ideas –a las que nunca antes hemos tenido acceso– producirán nuevos descubrimientos, productos e inventos de los que nos beneficiaremos todos.

Una colaboración de dos mentes

Peter y Steven se conocieron en 2000, cuando este escribió un artículo sobre el PREMIO X para la revista *GQ*. A Peter le gustó la forma de escribir de Steven y le ofreció colaborar en un libro sobre el concepto de abundancia. A Peter se le había ocurrido el tema como referencia central de la creación de la Fundación PREMIO X y la Singularity University y de su trabajo sobre la innovación y las tecnologías exponenciales. Steven se había estado planteando ideas parecidas y aportó su perspectiva única y sus conocimientos de neurociencia, psicología, tecnología, educación, energía y medio ambiente a este libro. Este esfuerzo es una verdadera asociación, ya que las ideas y la escritura de *Abundancia* son compartidas por

Peter H. Diamandis
Santa Mónica, California

Steven Kotler
Chimayo, Nuevo México

Primera parte

Perspectiva

Capítulo 1

Nuestro mayor desafío

La lección del aluminio

Gayo Plinio Cecilio Segundo,¹ conocido como Plinio el Viejo, nació en Italia en 23 d. C. Fue comandante de la marina y el ejército a principios del Imperio romano, también fue escritor, científico y filósofo naturalista, conocido sobre todo por su *Historia natural*, una enciclopedia de 37 volúmenes que recopilaba, bien, todos los conocimientos de su época. Su obra incluye un libro sobre cosmología, otro sobre agricultura y un tercero sobre magia. Necesitó cuatro tomos para abarcar la geografía mundial, nueve para la flora y la fauna, y otros nueve para la medicina.

En uno de los últimos volúmenes, *Tierra*, libro XXXV, Plinio cuenta la historia de un orfebre que llevó un plato poco corriente a la corte del emperador Tiberio. El plato era espectacular, hecho de un metal nuevo, muy ligero, brillante, casi tanto como la plata. El orfebre dijo que lo había extraído a partir de simple arcilla, utilizando una técnica secreta, cuya fórmula solo conocían él y los dioses. Sin embargo, Tiberio se sintió preocupado. El emperador era uno de los grandes generales de Roma, un belicista que había conquistado la mayor parte de lo que hoy es Europa y de paso amasado una fortuna en oro y plata. También era un experto financiero que sabía que el valor de su tesoro menguaría de manera importante si, de pronto, la gente tenía acceso a un nuevo metal brillante menos común que el

oro. «Así pues», cuenta Plinio, «en lugar de dar al orfebre la consideración esperable, ordenó que fuera decapitado».

Este nuevo metal brillante era el aluminio,² y esta decapitación marcó su pérdida para el mundo durante casi dos milenios. Reapareció a principios del siglo XIX, pero seguía siendo suficientemente raro como para ser considerado el metal más valioso del mundo. El propio Napoleón III dio un banquete en honor del rey de Siam en el que a los invitados de honor se les regalaron utensilios de aluminio, mientras que el resto se tuvo que conformar con oro.

La rareza del aluminio es debida a su estructura química. Técnicamente, después del oxígeno y el silicio, es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre y equivale al 8,3 por ciento del peso de la Tierra. Hoy en día es barato, está en todas partes y se utiliza con mentalidad de usar y tirar, pero —como demuestra el banquete de Napoleón— no siempre fue así. Debido a la gran afinidad del aluminio con el oxígeno, nunca se encuentra en la naturaleza como un metal puro. En cambio, sí lo hace estrechamente unido como óxidos y silicatos en un material de tipo arcilloso llamado bauxita.

Aunque la bauxita tiene un 52 por ciento de aluminio, separar el metal puro fue una tarea compleja y difícil. Sin embargo, entre 1825 y 1845, Hans Christian Oersted y Frederick Wohler descubrieron que calentando cloruro de aluminio con amalgama de potasio y después destilando el mercurio quedaba un residuo de aluminio puro. En 1854 Henri Sainte-Claire Deville creó el primer proceso comercial de extracción, haciendo descender su precio un 90 por ciento. No obstante, el metal seguía siendo caro y escaso.

Fue la creación de una nueva tecnología —que supuso un gran avance—, conocida como electrolisis, descubierta de manera independiente y casi simultánea en 1886 por el químico estadounidense Charles Martin Hall y por el francés Paul Héroult, lo que cambió todo. El proceso Hall-Héroult, como es conocido hoy en día, utiliza electricidad para liberar el aluminio de la bauxita. De pronto, cualquiera en el planeta tenía acceso a cantidades ingentes de un metal barato, ligero y maleable.

Excepto la decapitación, no hay nada fuera de lo común en este relato. La historia está llena de ejemplos de recursos que antes eran escasos y que se vuelven abundantes gracias a la innovación. La razón es bastante sencilla: la escasez suele depender del contexto. Imagina

un naranjo gigante lleno de fruta. Si arranco todas las naranjas de las ramas inferiores, me quedo sin posibilidad de acceder a la fruta. Desde mi perspectiva limitada, ahora las naranjas son escasas. Pero en cuanto alguien invente una tecnología llamada escalera, de pronto podré alcanzarlas. Problema resuelto. La tecnología es un mecanismo de liberación de recursos. Puede convertir lo que antes era escaso en abundante.

Para ampliar un poco la perspectiva: observemos la ciudad planificada de Masdar³ que está siendo construida por la Abu Dhabi Future Energy Company. Situada en las afueras de Abu Dhabi, pasada la refinería de petróleo y el aeropuerto, Masdar pronto será el hogar de 5.000 vecinos, mientras que otros 40.000 trabajarán allí. Lo harán sin producir ningún residuo o emisiones de carbono. No se permitirá la entrada de coches dentro del perímetro de la ciudad y no se consumirán combustibles sólidos dentro de sus muros. Abu Dhabi es el cuarto mayor productor de la OPEP, con un 10 por ciento de todas las reservas conocidas de petróleo. La revista *Fortune* la calificó en una ocasión de la ciudad más rica del mundo. Todo lo cual hace que sea interesante el hecho de que quieran gastar 20.000 millones de dólares de esa riqueza en construir la primera ciudad postpetróleo del mundo.

En febrero de 2009 viajé a Abu Dhabi simplemente para descubrir lo interesante que es. Poco después de llegar, salí de mi hotel, me monté en un taxi y di un paseo hasta el lugar donde se está construyendo Masdar. Fue un viaje en el tiempo. Estaba alojado en el Emirates Palace, que es al mismo tiempo uno de los hoteles más caros que se hayan construido nunca y uno de los pocos lugares, que yo sepa, en los que alguien (es decir, alguien con un presupuesto muy diferente del mío) puede alquilar una suite chapada en oro por 11.500 dólares la noche. Hasta que se descubrió petróleo en 1960, Abu Dhabi había sido una comunidad de pastores nómadas y buceadores de perlas. Cuando mi taxi pasó por delante del cartel «Bienvenidos al futuro emplazamiento del Masdar», vi pruebas de esto. Esperaba que la primera ciudad postpetróleo se pareciera a algo así como el plató de *Star Trek*. Lo que me encontré fueron unos cuantos camiones aparcados en una inhóspita parcela de desierto.

Durante mi visita tuve la suerte de encontrarme con Jay Witherspoon, el director técnico de todo el proyecto. Witherspoon me ex-

plicó los desafíos a los que se estaban enfrentando y los motivos de dichos desafíos. Masdar, me dijo, estaba siendo construida sobre una base conceptual conocida como One Planet Living (OPL).⁴ Para entender OPL, me explicó Witherspoon, primero tenía que entender tres cosas. La primera: que actualmente la humanidad utiliza un 30 por ciento más de los recursos naturales de nuestro planeta de los que podemos reemplazar. Segunda: si todos en este planeta quisieran vivir según el estilo de vida de un europeo medio, necesitaríamos los recursos de tres planetas para conseguirlo. Tercero: si todos en este planeta quisieran vivir como un norteamericano medio, entonces necesitaríamos cinco planetas para conseguirlo. Así, OPL es una iniciativa global que pretende combatir esta escasez.

La iniciativa OPL, creada por BioRegional Development y el World Wildlife Fund, es realmente un conjunto de diez principios fundamentales. Van desde preservar las culturas indígenas hasta el desarrollo de materiales sostenibles desde su creación hasta su reciclado, pero en realidad todos tienen que ver con aprender a compartir. Masdar es uno de los proyectos de construcción más caros de la historia. La ciudad entera ha sido proyectada para un futuro postpetróleo en el que la escasez de este recurso y de agua será una amenaza importante. Es aquí donde la lección del aluminio se vuelve relevante.

Incluso en un mundo sin petróleo, Masdar seguiría estando bañado por la luz del sol. Mucha luz solar. La cantidad de energía solar que alcanza nuestra atmósfera⁵ ha sido bien fijada en 174 petavatios ($1,740 \times 10^{17}$ vatios), más o menos un 3,5 por ciento. De este flujo solar total, aproximadamente la mitad alcanza la superficie terrestre. Dado que actualmente la humanidad consume en torno a 16 teravatios anualmente (siguiendo las cifras de 2008), hay 5.000 veces más energía solar cayendo en la superficie del planeta de la que utilizamos. Una vez más, no es cuestión de escasez, sino de accesibilidad.

Además, en lo que respecta a las guerras del agua, Masdar se encuentra en el golfo Pérsico —que es un inmenso espacio acuático—. La propia Tierra es un planeta de agua, cubierto en un 70 por ciento por mares. Pero estos, como el golfo Pérsico, son demasiado salados para su consumo o para producir cosechas. De hecho, el 97,3 por ciento de toda el agua del planeta es salada. Sin embargo, ¿qué pasaría si, del mismo modo que la electrolisis transformó fácilmente la bauxita en aluminio, una nueva tecnología pudiera desalinizar solo

una parte insignificante de nuestros mares? ¿Cuánta sed tendría Masdar entonces?

El asunto es este: cuando los vemos a través de la lente de la tecnología, pocos recursos son realmente escasos; básicamente, son inaccesibles. Sin embargo, la amenaza de la escasez sigue dominando nuestra visión del mundo.

Los límites del crecimiento

La escasez ha sido un problema desde que surgió la vida en este planeta, pero su encarnación contemporánea —lo que muchos llaman el «modelo de la escasez»— se remonta a finales del siglo XVIII, cuando el erudito británico Thomas Robert Malthus descubrió⁶ que mientras que la producción de alimentos aumentaba linealmente, la población crecía exponencialmente. Debido a esto, Malthus estaba seguro de que llegaría un momento en que superaríamos nuestra capacidad de alimentarnos. Como dijo: «El poder de la población es indefinidamente mayor⁷ que el poder de la Tierra para producir suficiente para la subsistencia de la humanidad».

En los años transcurridos desde entonces, muchos pensadores se han hecho eco de esta preocupación. A principios de los años sesenta se alcanzó una especie de consenso. En 1966, el doctor Martin Luther King Jr. señaló: «A diferencia de las plagas de las épocas oscuras⁸ o las enfermedades contemporáneas, que no entendemos, la plaga moderna de la superpoblación se puede resolver por medios que hemos descubierto y con recursos que tenemos». Dos años después, un biólogo de la Universidad de Stanford, el doctor Paul R. Ehrlich, hizo sonar una alarma aún mayor con la publicación de *La explosión demográfica*.⁹ Pero fue el resultado a favor de esa idea de un pequeño encuentro que tuvo lugar en 1968 el que realmente alertó al mundo de la profundidad de la crisis.

Ese año, el científico escocés Alexander King y el empresario italiano Aurelio Peccei convocaron a un grupo interdisciplinar de pensadores internacionales de primera fila en una pequeña villa en Roma. El Club de Roma,¹⁰ como pronto fue conocido, se reunió para discutir el problema de pensar en el corto plazo, en un mundo a largo plazo.

En 1972 publicaron los resultados de esas discusiones. *Los límites del crecimiento* se convirtió inmediatamente en un clásico,¹¹ se vendieron doce millones de ejemplares en treinta idiomas y asustó a casi todos los que lo leyeron. Utilizando un modelo desarrollado por el fundador de la dinámica de sistemas, Jay Forrester, el club comparaba las tasas de crecimiento de la población mundial con las del consumo de recursos. La ciencia detrás de este modelo es complicada, el mensaje, no. Es bastante simple: nos estamos quedando sin recursos y el tiempo vuela.

Han pasado más de cuatro décadas desde que se publicó este informe. Aunque muchas de sus predicciones más funestas no se han materializado, los años no han suavizado sus evaluaciones. Hoy en día seguimos encontrando pruebas de su veracidad en la mayor parte de los lugares donde miramos. Uno de cada cuatro mamíferos se enfrenta a la extinción,¹² mientras que el 90 por ciento de los peces grandes ya han desaparecido.¹³ Nuestros acuíferos están empezando a agotarse¹⁴ y la tierra se está volviendo demasiado salada como para producir cosechas. Nos estamos quedando sin petróleo¹⁵ y se está acabando el uranio¹⁶. Incluso el fósforo –uno de los principales componentes de los fertilizantes– se está agotando.¹⁷ En lo que se tarda en leer esta frase, un niño morirá de hambre.¹⁸ Cuando hayas acabado el párrafo, otro habrá muerto de sed¹⁹ (o por beber agua contaminada para saciarla).

Y, según los expertos, esto solo es el comienzo.

Hoy en día hay 7.000 millones de personas en el planeta. Si las tendencias no se invierten, para 2050 estaremos cerca de 10.000 millones. Los científicos que estudian la sostenibilidad de la Tierra²⁰ –la medida de cuánta gente puede vivir en ella de manera sostenible– han fluctuado ampliamente en sus estimaciones. Los optimistas más apasionados piensan que está cerca de los 2.000 millones. Los pesimistas severos, que en torno a los trescientos millones. Pero incluso si estás de acuerdo con la más tranquilizadora de estas predicciones, como la doctora Nina Fedoroff,²¹ asesora de ciencia y tecnología de la Secretaría de Estado de Estados Unidos, solo se puede sacar una conclusión, como dijo recientemente a los periodistas: «Necesitamos disminuir el ritmo de crecimiento de la población global; el planeta no puede soportar mucha más gente».

Sin embargo, hay cosas que son más fáciles de decir que de hacer.

El ejemplo más infame de control de la población desde arriba fue el programa de eugenesia de los nazis,²² pero ha habido más pesadillas al respecto. En la India se realizaron ligaduras de trompa y vasectomías²³ a miles de personas a mediados de los años setenta. A algunos les pagaron el sacrificio que hicieron; a otros simplemente les obligaron. El asunto hizo que perdiera el poder al partido en el gobierno y dio lugar a una controversia que sigue enconada hoy en día. Mientras tanto, en China han transcurrido treinta años bajo la política de un hijo por familia²⁴ (aunque a menudo se habla de ello como si fuera un programa global, en realidad esta política solo se aplica a aproximadamente el 36 por ciento de la población). Según el gobierno, los resultados han supuesto trescientos millones menos de personas. Según Amnistía Internacional,²⁵ las consecuencias han sido un aumento de los sobornos, la corrupción, las tasas de suicidio y de abortos, los procedimientos de esterilización forzosa y rumores persistentes de infanticidio. (Un niño es preferible a una niña, por lo que, según los rumores, muchas niñas recién nacidas son asesinadas.) Sea como sea, tal como ha descubierto amargamente nuestra especie, el control de la población desde arriba es brutal, tanto en teoría como en la práctica.

Parece que solo queda una opción. Si no te puedes deshacer de la gente, tendrás que estirar los recursos que necesitan, y hacerlo de manera espectacular. La forma de conseguirlo ha sido objeto de profundos debates, pero hoy en día los principios de OPL se presentan como la única opción viable. Esta opción me preocupaba, pero no porque no estuviera comprometido con la idea de una mayor eficiencia. Usemos menos, ganemos más: ¿quién se opondría seriamente a una mayor eficiencia? En lugar de ello, la raíz de mi preocupación era que la eficiencia estaba siendo planteada como la única opción disponible. Pero todo aquello que estaba haciendo con mi vida me decía que había otros caminos que merecían ser seguidos.

La organización que yo dirigía, la Fundación PREMIO X,²⁶ no tiene ánimo de lucro y se dedica a aportar avances radicales en beneficio de la humanidad a través del diseño y gestión de concursos con el incentivo de grandes premios. Un mes antes de viajar a Masdar, presidí nuestra reunión anual del consejo de Visionarios, donde inventores inconformistas como Dean Kamen y Craig Venter, brillantes

empresarios de tecnología como Larry Page y Elon Musk, y gigantes de los negocios internacionales como Ratan Tata y Anousheh Ansari, debatieron cómo realizar avances radicales en los campos de la energía, las ciencias de la vida, la educación y el desarrollo global. Todos ellos son personas que han creado empresas que han cambiado el mundo y en campos que no existían antes. La mayoría lograron esta hazaña al resolver problemas que durante mucho tiempo fueron considerados irresolubles. Tomados en su conjunto, son un grupo cuya trayectoria mostraba que una de las mejores respuestas ante la amenaza de la escasez no es tratar de hacer más pequeños los trozos de la tarta, sino conseguir hacer más tartas.

La posibilidad de la abundancia

Por supuesto, el enfoque de «hacer más tartas» no es nada nuevo, pero esta vez hay unas cuantas diferencias capitales. Estas diferencias compondrán el grueso de este libro, pero la versión resumida es que, por primera vez en la historia, nuestras capacidades han comenzado a alcanzar nuestras ambiciones. La humanidad está entrando en un periodo de transformación radical en el que la tecnología tiene el potencial de elevar de forma significativa los niveles básicos de vida de cada hombre, mujer y niño del planeta. Dentro de una generación seremos capaces de suministrar bienes y servicios, que en tiempos estaban reservados a unos pocos ricos, a cualquiera y a todos los que los necesiten. O a los que los deseen. La abundancia para todos está realmente a nuestro alcance.

En esta era moderna de cinismo, muchos se sentirán molestos ante tal declaración, pero ya hay elementos de esa transformación en marcha. Durante los últimos veinte años, las tecnologías inalámbricas e Internet se han vuelto ubicuos, asequibles y fáciles de conseguir para casi todo el mundo. África se ha saltado una generación tecnológica evitando los postes telefónicos que pueblan los cielos del mundo occidental en pro del mundo inalámbrico. La penetración de los teléfonos móviles está creciendo de forma exponencial,²⁷ desde un 2 por ciento en 2000 hasta un 28 por ciento en 2009, y a un 70 por ciento previsto para 2013. Gente sin educación y con poco para comer ya ha tenido acceso a la conectividad inalámbrica de la

que no se había oído hablar hace tan solo treinta años. Ahora mismo, un guerrero masai con un teléfono móvil tiene una mayor capacidad de comunicación que la que tenía el presidente de Estados Unidos hace veinte años. Y si tiene un teléfono inteligente con acceso a Google, entonces cuenta con un mejor acceso a la información de la que tenía ese presidente hace solo quince años. A finales de 2013 la inmensa mayoría de la humanidad estará atrapada en esta misma World Wide Web de comunicaciones e informaciones instantáneas y baratas. En otras palabras, vamos a vivir en un mundo de abundancia informativa y comunicativa.

De modo similar, el avance de nuevas tecnologías transformadoras –sistemas computacionales, redes y sensores, inteligencia artificial, robótica, biotecnología, bioinformática, impresión en 3D, nanotecnología, interfaces humanos-máquinas e ingeniería biomédica– pronto permitirá a la inmensa mayoría de la humanidad experimentar aquello a lo que solo los más ricos tienen acceso hoy en día. Y lo que es aún mejor, esas tecnologías no son los únicos agentes del cambio en marcha.

Hay otras tres fuerzas adicionales en funcionamiento, cada una de ellas incrementada por el poder de tecnologías exponencialmente crecientes y cada una con un potencial de producir abundancia. La revolución del «hazlo tú mismo» se ha estado gestando durante los últimos cincuenta años, pero últimamente ha comenzado a desbordarse. En el mundo actual, el ámbito de «los manitas» se ha ampliado notablemente desde la adaptación de coches o la fabricación de ordenadores caseros, y ahora llega a campos que antes eran esotéricos, como la genética o la robótica. Y lo que es más, pequeños y motivados grupos de «hazlo tú mismo» pueden conseguir lo que en otro tiempo era territorio exclusivo de grandes empresas y gobiernos. Los gigantes aeroespaciales pensaban que era imposible, pero Burt Rutan voló al espacio.²⁸ Craig Venter igualó al poderoso gobierno de los Estados Unidos²⁹ en la carrera para secuenciar el genoma humano. El poder recién descubierto de estos innovadores inconformistas es la primera de nuestras tres fuerzas.

La segunda fuerza es el dinero –un montón de dinero– que se gasta de una manera muy particular. La revolución de la alta tecnología creó toda una nueva raza de ricos tecnofilántropos que están utilizando sus fortunas para resolver desafíos globales relacionados con la

abundancia. Bill Gates ha puesto en marcha una campaña contra la malaria; Mark Zuckerberg trabaja para reinventar la educación; mientras, Pierre y Pam Omidyar están centrados en proporcionar electricidad al mundo en vías de desarrollo, y esta lista se amplía sin parar. Tomado en conjunto, nuestro segundo conductor es una fuerza filantrópica sin parangón en la historia.

Finalmente, están los muy pobres de entre los pobres, los llamados mil millones de abajo del todo, que finalmente se están conectando con la economía global y se están convirtiendo en lo que yo llamo «los mil millones en crecimiento». La creación de una red de transporte global fue el paso inicial en este camino, pero es la combinación de Internet, las microfinanzas y la tecnología de la comunicación inalámbrica la que está transformando a los más pobres entre los pobres en una fuerza de mercado emergente. Al actuar por sí sola, cualquiera de estas tres fuerzas tiene un enorme potencial. Pero al actuar juntas, magnificadas por las tecnologías exponencialmente crecientes, lo que era inimaginable, ahora se convierte en realmente posible.

Así pues, ¿qué *es* posible?

Imagina un mundo de 9.000 millones de personas con agua limpia, comida nutritiva, alojamiento asequible, educación personalizada, cuidados médicos de primer nivel y energía no contaminante y ubicua. Construir ese mundo mejor es el mayor desafío de la humanidad. Lo que sigue es la historia de cómo podemos conseguirlo.

Capítulo 2

Construir la pirámide

El problema de las definiciones

La abundancia es una visión radical, y antes de que podamos empezar a luchar por ella, debemos empezar por definirla. Al tratar de cartografiar este territorio, algunos economistas adoptan un enfoque de abajo a arriba y comienzan con la pobreza, pero esto puede ser delicado. El gobierno estadounidense define la pobreza¹ utilizando dos criterios de medida distintos: «la pobreza absoluta» y la «pobreza relativa». La absoluta mide el número de personas que vive bajo un determinado nivel de renta. La relativa es una medida de lo que tiene el vecino, al comparar los ingresos de un individuo con los ingresos medios de todo un país. Pero la dificultad de ambos términos es que la abundancia es una visión global y ambas deficiones de pobreza hacen aguas cuando se extienden más allá de las fronteras de un país.

Por ejemplo, en 2008 el Banco Mundial revisó su umbral de pobreza internacional² –una medida de la pobreza absoluta–, desde el convencional «aquellos que viven con menos de un dólar al día» a «aquellos que viven con menos de 1,25 dólares al día». Con esa cifra alguien que trabaja seis días a la semana durante cincuenta y dos semanas gana 390 dólares al año. Pero ese mismo año, el gobierno estadounidense decidió que los 39,1 millones de habitantes³ de los cuarenta y ocho estados contiguos (las cifras de Alaska y Hawai son ligeramente distintas) que ganaban 10.400 dólares también vivían en la pobreza absoluta. Claramente hay una diferencia considerable entre ambas cifras. Cómo rectificar esa disparidad –tal como habría

que hacer si tu interés fuera establecer un objetivo uniforme para la reducción global de la pobreza— es una dificultad para cualquier medición de la pobreza absoluta.

Un problema respecto a la medida de la pobreza relativa es que no importa cuánto ganas en relación con tus vecinos si ese dinero no es suficiente para pagar lo que necesitas. La disponibilidad de bienes y servicios de manera más o menos fácil es otro factor crítico a la hora de determinar la calidad de vida, pero esa disponibilidad varía enormemente dependiendo del lugar geográfico donde te encuentres. Hoy en día la mayoría de los estadounidenses sumidos en la pobreza tienen televisión, teléfono, electricidad, agua corriente y baño dentro de la casa. La mayoría de los africanos, no. Si transfirieras los bienes y servicios que disfrutaban los que viven en la versión de la pobreza de California a un somalí medio que vive con menos de 1,25\$ al día, el somalí de pronto se sentiría fabulosamente rico. Y esto convierte cualquier medida de pobreza relativa en algo inútil para establecer parámetros globales.

Además, ambas definiciones se vuelven aún más imprecisas al evolucionar con el tiempo. Hoy en día los estadounidenses que viven por debajo del umbral de la pobreza no solo están a años luz por delante de la mayoría de los africanos; están a años luz por delante de los estadounidenses más ricos de hace tan solo un siglo. Hoy el 99 por ciento de los estadounidenses que viven por debajo del umbral de la pobreza⁴ tienen electricidad, agua, inodoro y nevera; el 95 por ciento tiene televisión; el 88 teléfono; el 71 coche y el 70 incluso aire acondicionado. Esto puede que no parezca mucho, pero hace cien años hombres como Henry Ford y Cornelius Vanderbilt estaban entre los más ricos del planeta, pero no podían disfrutar de muchos de esos lujos.

Una definición práctica

Quizá un modo mejor de avanzar poco a poco hacia una definición de abundancia sea comenzar con aquello de lo que no estoy hablando. No hablo de las Torres Trump, Mercedes-Benz y Gucci. La abundancia no tiene que ver con proporcionar a todo el mundo de este planeta una vida de lujos —más bien tiene que ver con proporcionar

a todo el mundo una vida de posibilidades—. Ser capaz de vivir ese tipo de vida exige tener cubiertas las necesidades básicas y algo más. También significa cortar alguna sangría bastante ridícula. Dar de comer a los hambrientos, proporcionar acceso a agua limpia, acabar con la polución del aire en el interior de las viviendas y liquidar la malaria⁵ —cuatro situaciones completamente evitables que matan, respectivamente, a siete, tres, tres y dos personas por minuto a escala mundial—. Pero, en última instancia, la abundancia tiene que ver con crear un mundo de posibilidades: un mundo en que los días de todos se dediquen a soñar y a crear, no a pelear y pelear.

Por supuesto, estas ideas son demasiado difusas, pero son un punto decente desde el que comenzar. Al tratar de consolidar este objetivo, busco niveles de necesidad vagamente relacionados con la ya famosa pirámide⁶ del psicólogo estadounidense Abraham Maslow. Entre 1937 y 1951, Maslow fue un prometedor miembro del Brooklyn College, tutelado por la antropóloga Ruth Benedict y el psicólogo gestáltico Max Wertheimer. Por entonces, la mayor parte de la psicología se centraba en resolver patologías en lugar de en descubrir las potencialidades psicológicas, pero Maslow tenía otras ideas. Pensaba que tanto Benedict como Wertheimer eran «seres humanos [tan] maravillosos» que comenzó a estudiar su comportamiento, tratando de averiguar qué es lo que estaban haciendo bien.

Con el tiempo se puso a investigar también el comportamiento de otros ejemplares de rendimiento humano máximo. Albert Einstein, Eleanor Roosevelt y Frederick Douglass, los tres se convirtieron en sujetos pasivos de su examen. Maslow buscaba rasgos y circunstancias comunes a todos ellos, quería explicar por qué esa gente podía alcanzar tales cimas increíbles, mientras tantos otros seguían luchando para mantenerse a flote.

Para ilustrar sus pensamientos, Maslow creó su «Jerarquía de las necesidades humanas»,⁷ que estaba dispuesta en forma de pirámide. En esta hay cinco niveles de necesidades humanas —perteneciendo el nivel superior a la «autorrealización» o la necesidad humana de alcanzar el máximo desarrollo potencial—. Según Maslow, las necesidades de cada nivel deben estar satisfechas antes de poder avanzar hasta el siguiente nivel. Por esta razón, las necesidades fisiológicas, como el aire, el agua, la comida, el calor, el sexo y el sueño, están en la base de la pirámide, seguidas de cerca por las necesidades de

seguridad, como la protección, la ley, el orden, la estabilidad y la ausencia de riesgos personales. El nivel intermedio está ocupado por el amor y la pertenencia al grupo: familia, relaciones, afecto y trabajo; y por encima de esto está el reconocimiento social: logro, estatus, responsabilidad y reputación. En la cima están las «necesidades de autorrealización», que tienen que ver con el crecimiento personal y el sentimiento de sentirse realizado –aunque realmente constituyen el deseo de lograr un objetivo superior y de servir a la sociedad.

Mi pirámide de la abundancia, aunque algo más condensada que la de Maslow, sigue el mismo esquema por razones similares. Hay tres niveles, el inferior se refiere a la comida, el agua, el refugio y otras preocupaciones básicas por la supervivencia; el intermedio está dedicado a catalizadores que favorecen un mayor crecimiento personal, como energía abundante, amplias oportunidades de educación y acceso a las comunicaciones y la información; mientras que el nivel más alto está reservado a la libertad y la salud, dos requisitos previos básicos que permiten al individuo contribuir a la sociedad.

Examinémoslo con más atención.

La base de la pirámide

En la base de mi pirámide, crear abundancia global significa ocuparse de las necesidades fisiológicas sencillas: proporcionar suficiente agua, comida y alojamiento. Contar con entre tres y cinco litros de agua potable por persona y día,⁸ así como con 2.000 calorías o más de comida equilibrada y nutritiva,⁹ proporciona a todos los habitantes del planeta los requisitos necesarios de agua y alimento para una salud óptima. Asegurarse de que todo el mundo recibe un complemento íntegro de vitaminas y minerales, ya sea a través de la comida o en forma de complementos, también es fundamental. Por ejemplo, solo suministrar a la población la cantidad de vitamina A necesaria elimina la causa principal de ceguera evitable¹⁰ en niños. En lo más alto de estas cuestiones, se necesitan otros veinticinco litros de agua para bañarse,¹¹ cocinar y limpiar, y, teniendo en cuenta que 837 millones de personas viven actualmente en barriadas pobres¹² –y Naciones Unidas predice que esta cifra aumentará hasta los 2.000 millones en 2050–, un cobijo duradero que

proteja de los elementos y que, además, proporcione luz adecuada para leer, ventilación y servicios sanitarios también es indispensable.

Por supuesto que, en el mundo desarrollado, todo esto puede no parecer gran cosa, pero es un factor de cambio en casi todo el resto del mundo –y no solo por las razones evidentes–. Las no evidentes comienzan con la «tierra plana» de Thomas Friedman.¹³ En este pequeño planeta nuestros grandes desafíos no son preocupaciones aisladas. Al contrario, están colocadas como filas de fichas de dominó. Si, al resolver un problema conseguimos derribar una ficha, muchas otras caerán a continuación. El resultado es un círculo que se retroalimenta con un beneficio positivo. Y lo que es mejor, las repercusiones de esta cascada se extienden mucho más allá de sus fronteras –lo que significa que abastecer las necesidades fisiológicas básicas en los países en desarrollo también mejora la calidad de vida de los países desarrollados.

Este hecho es tan importante que, antes de regresar a la pirámide de la abundancia, merece la pena profundizar en las bondades de uno de esos objetivos: proporcionar a todos los habitantes del planeta agua potable.

Las ventajas del agua

Actualmente, mil millones de personas carecen¹⁴ de acceso al agua potable, y 2.600 millones no tienen acceso a unas condiciones de salubridad básicas. Como resultado de todo ello, la mitad de las hospitalizaciones a escala mundial se deben a gente que bebe agua contaminada con agentes infecciosos, productos químicos tóxicos y residuos radiológicos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS),¹⁵ solo uno de esos agentes infecciosos –las bacterias que causan la diarrea– representa el 4,1 por ciento de las enfermedades globales, y mata a 1,8 millones de niños al año. Ahora mismo hay más gente que tiene acceso a un teléfono móvil que a un retrete.¹⁶ De hecho, los antiguos romanos tenían agua de mejor calidad que la mitad de la población actual.

Así pues, ¿qué pasaría si resolviéramos este primer problema? Según cálculos realizados por Peter Gleick en el Pacific Institute,¹⁷

unos 135 millones de personas morirán antes de 2020 por la falta de agua potable y de condiciones de salubridad. En primer lugar, y más importante, el acceso al agua potable significa salvar esas vidas. Pero también supone que el África subsahariana ya no perdería el 5 por ciento¹⁸ de su producto interior bruto (PIB) que actualmente emplea en gastos de salud, pérdidas de productividad y de horas de trabajo, todo ello por el agua contaminada. Además, debido a que la deshidratación también hace disminuir la capacidad de absorber nutrientes, proporcionar agua potable ayuda a aquellos que sufren de hambre y malnutrición. Además, toda una letanía de enfermedades y portadores de enfermedades sería barrida del planeta, así como una serie de preocupaciones medioambientales (se talarían menos árboles para hervir agua; se quemarían menos combustibles fósiles para purificarla). Y esto solo es el principio.

Una de las ventajas que tenemos hoy en día al enfrentarnos a los males del mundo es la información. Tenemos un montón de información, especialmente sobre el crecimiento de la población y sus variados causas y efectos. Por ejemplo, si relacionamos lo que sabemos sobre la capacidad de aguante del planeta con lo que sabemos sobre las tasas de crecimiento de la población, no es de sorprender que haya tantos que crean que nos dirigimos al desastre. Esta amenaza parece tan grave que una de las frecuentes críticas que se aplican al concepto de abundancia es que, al resolver problemas como el del agua contaminada, el resultado, por muy bienintencionado que sea el propósito, solo servirá para aumentar la población mundial y empeorar nuestra situación.

En un determinado nivel esto es absolutamente correcto. Si los 884 millones que actualmente se enfrentan a la carestía del agua de pronto tuvieran suficiente para beber, sin duda esto mantendría a muchísimos de ellos vivos durante bastante tiempo, lo que daría como resultado un aumento de población. Sin embargo, hay sólidas razones evolucionistas por las que esto no duraría.

El *Homo sapiens* ha estado en el planeta durante, aproximadamente, 150.000 años. Sin embargo, hasta 1900 solo había un país en el mundo con una tasa de mortalidad infantil por debajo del 10 por ciento.¹⁹ Dado que los niños cuidan de sus padres en una fase posterior de sus vidas, en lugares donde muchos niños mueren, el tener una prole numerosa en la que sobreviven algunos hijos, los

padres se aseguran una vejez más confortable. La buena noticia es que lo contrario también es cierto. Tal como señaló en una reciente conferencia sobre el tema el cofundador de Microsoft Bill Gates:²⁰ «La cuestión clave que puedes abordar para reducir el crecimiento de la población es mejorar la salud de forma real... Hay una correlación perfecta: a medida que mejoras la salud, en el plazo de media generación, la tasa de crecimiento de población disminuye».

La razón por la que Gates sabe esto es porque ha visto una plétora de datos de población que ha reunido durante los últimos cuarenta años. Marruecos, por ejemplo, es una nación joven.²¹ Más de la mitad de la población tiene menos de veinticinco años de edad; casi un tercio tiene menos de quince. El tener tantos chicos es un desarrollo histórico bastante reciente, pero no porque no se haya intentado antes. Allá por 1971, cuando las tasas de mortalidad infantil eran altas y las de esperanza de vida bajas, las mujeres marroquíes tenían una media de 7,8 hijos. Pero después de lograr grandes progresos en la mejora del agua, servicios sanitarios, asistencia médica y derechos de las mujeres, hoy en día el *baby boom* marroquí está disminuyendo. La media de nacimientos por mujer se encuentra en 2,7, mientras que la tasa de crecimiento de la población ha caído por debajo del 1,6 por ciento —y todo ello porque la gente está viviendo más, de forma más saludable y libre.

John Oldfield,²² director ejecutivo de la iniciativa de apoyo WASH, dedicada a resolver los problemas globales del agua, lo explica de esta forma: «La mejor manera de controlar la población es mediante el aumento de la supervivencia de los niños, educando a las niñas, y haciendo que se conozcan los procedimientos de control de la natalidad y se disponga de ellos. Con diferencia, lo más importante es aumentar la supervivencia de los niños. En comunidades en que las tasas de mortalidad infantil rondan casi un tercio, la mayoría de los padres optan por superar considerablemente el tamaño de su familia deseada. Tendrán nacimientos de reposición, nacimientos de seguridad y nacimientos accidentales, y la población se disparará. Es antiintuitivo, pero erradicar la viruela y las enfermedades para las que existe vacuna y frenar las enfermedades diarreicas y la malaria son los mejores programas de planificación familiar diseñados hasta la fecha. Más enfermedades, especialmente las que afectan a los

pobres, aumentarán las tasas de mortalidad infantil y en menores de un año que, a su vez, harán que aumente la tasa de natalidad. Con menos muertes en la infancia, consigues tasas de fertilidad más bajas, realmente es así de simple».

Al resolver el problema del agua, también paliamos la hambruna mundial, disminuimos la pobreza, el impacto de las enfermedades globales, aminoramos el rampante crecimiento de la población y conservamos la biosfera. Los niños no volverán a ser arrancados de la escuela para conseguir el agua y la leña necesaria para hervirla, de modo que los niveles de educación comenzarán a aumentar. Dado que las mujeres también malgastan horas cada día haciendo esos mismos recados, proporcionar agua potable lo mejora todo, desde la calidad de la vida familiar hasta la cantidad de ingresos de la familia (puesto que la madre ahora tiene tiempo para dedicar a otros trabajos). Pero la mejor noticia es que el agua es solo un ejemplo de estas interdependencias. Las soluciones a todos nuestros grandiosos problemas están alineadas unas junto a otras, y derribar cualquiera de estas piezas de dominó produce una reacción en cadena positiva –que es otra razón por la que la abundancia para todos está más cerca de lo que muchos sospechan.

La búsqueda de la catalaxia

Una vez cubiertas nuestras necesidades básicas de supervivencia, el siguiente nivel en la pirámide de la abundancia es la energía, la educación y la información/comunicación. ¿Por qué este particular trío de elementos? Porque dan el doble de dividendos. A corto plazo aumentan los niveles de vida. A largo, allanan el camino para dos de los mayores activos de la abundancia en la historia: la especialización y el intercambio. La energía proporciona los medios para realizar el trabajo; la educación permite a los trabajadores especializarse; la abundancia de información/comunicación no solo aumenta la especialización (mediante el crecimiento de las oportunidades educativas,) sino que permite a los especialistas intercambiar los frutos de su especialización, creando de este modo lo que el economista Friedrich Hayek llamó catalaxia:²³ la creación de nuevas posibilidades generada por la división del trabajo. En su excelente libro *El optimista*

racional,* Matt Ridley explica: «El acuerdo “si hoy yo te confecciono una una casaca de cuero,²⁴ tu tienes que confeccionarme otra para mí otra mañana” ofrece recompensas limitadas y ganancias decrecientes. Pero el acuerdo “yo confecciono tú ropa, tu consigues la comida” ofrece unas ganancias crecientes. En efecto, tiene la estupenda propiedad de que ni siquiera necesita ser justa. Para que funcione el trueque, dos individuos no necesitan ofrecer cosas del mismo valor. El intercambio suele ser desigual, pero sigue beneficiando a ambas partes».

De esta trilogía, la energía es claramente el elemento que más cambia el juego. Así pues, ¿cuánta energía se necesita para cambiar el juego? Empecemos en Nigeria. En el país más poblado de África, la familia media está compuesta por cinco personas que viven en una sola habitación.²⁵ Bajo estas condiciones, cuatro luces deberían suministrar más iluminación de la necesaria. Normalmente, una bombilla incandescente de 60 vatios es suficiente para leer —esta es la cifra que usaremos para nuestro cálculo—, pero hoy en día esa misma luminosidad la puede suministrar una bombilla fluorescente de 15 vatios y en el futuro se conseguirá aún con menos energía, mediante la utilización de la tecnología LED (*light-emitting diode* o diodo emisor de luz), aún más eficiente. Añadamos a la lista una nevera de unos 450 litros que funciona con 150 vatios y evita que se estropeen los alimentos básicos y las medicinas; una cocina barata con dos quemadores de 1.200 vatios; dos ventiladores eléctricos de 100 vatios cada uno; un par de ordenadores portátiles de 45 vatios cada uno, y —ya que estamos de-rochando— un televisor LCD, un DVD y una radio por 100 vatios (aunque los portátiles pueden acabar reemplazando estas necesidades). Incluye otros 35 vatios para cargar cinco teléfonos móviles, y obtendremos un pico de consumo total de 1,73 kilovatios. Si suponemos un uso medio de estos aparatos, acabaremos con un objetivo mínimo de 8,7 kWh, por hogar y por día. Aunque esto es alrededor de un cuarto de la energía consumida en un hogar estadounidense medio²⁶ (un hogar medio de 2,6 personas consume 16,4 kWh al día, o 6,32 kWh por persona y día, sin incluir el gas y el petróleo utilizado para calentar la casa), es una mejora radical para Nigeria.

* El subtítulo de la edición en inglés es *How Prosperity Evolves*, es decir, ‘Cómo evoluciona la prosperidad’, mientras que el de la edición en castellano es *¿Tiene límites la capacidad de progreso de la especie humana? (N. del T.)*

También es una mejora radical para otros muchos sitios. Por ejemplo, la cocina eléctrica de dos fuegos es un aparato sencillo, pero supondría un cambio magnífico para 3.500 millones de personas que actualmente cocinan y obtienen luz y calefacción quemando biomasa:²⁷ leña, estiércol y residuos de la cosecha. Según un informe de 2002 de la OMS,²⁸ el 36 por ciento de las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, el 22 por ciento de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y el 1,5 por ciento de todos los cánceres están causados por la contaminación del aire dentro de las viviendas como resultado de estas prácticas. Así, una cocina eléctrica aliviaría un 4 por ciento de todas las enfermedades.

Mejorando, como siempre –y del mismo modo que con el agua–, la cocina eléctrica es otro ejemplo de una solución interconectada. Un informe de Naciones Unidas de 2007 señalaba que el 90 por ciento del uso de la madera en África²⁹ fue para conseguir energía. Así pues, el proporcionar la energía para hacer funcionar una cocina eléctrica también ayudaría a conservar los bosques que están en peligro y toda la letanía de servicios que esos bosques proporcionan al ecosistema. Los servicios al ecosistema³⁰ son cosas como la polinización de los cultivos, la eliminación del carbono, la regulación del clima, la purificación del agua y del aire, la dispersión y el reciclado de nutrientes, el procesamiento de desperdicios, el control de inundaciones, de pesticidas, de enfermedades, etc., que el medio ambiente nos proporciona gratis. Esto es muy importante por dos razones. La primera es que se ha calculado que el valor que proporcionan estos servicios al ecosistema³¹ es de 36 billones de dólares al año –una cifra aproximadamente igual a toda la economía global anual–. La segunda es que tal como el experimento de doscientos millones de dólares que fue Biosfera 2³² demostró claramente –ninguno de estos son servicios que todavía podamos suministrarnos a nosotros mismos.

Pero las ventajas de la cocina eléctrica no son solo ecológicas. Liberados de la carga de reunir combustible, las mujeres y los niños pueden encontrar trabajo y educación; ya que todos estos factores reducen por añadidura la mortalidad infantil y mejoran los derechos de las mujeres, se producirá una reducción simultánea en el crecimiento de la población. Y lo que es más, si una cocina eléctrica por sí sola puede suponer un cambio tan positivo, considera el que puede

provocar la propuesta de los 8,7 kWh de energía que haga funcionar todo un conjunto de aparatos eléctricos.

Leer, escribir y prepararse

Otro cambio profundo se lograría a partir de la educación, concretamente de enseñar a los niños del planeta a leer y escribir, matemáticas, otras habilidades necesarias para la vida y a pensar de manera crítica.³³ También aquí esto puede parecer un objetivo demasiado modesto, pero la mayoría de los expertos consideran que este cuarteto de fundamentos de la escuela primaria que aquí se proponen es la base para la superación personal, que obviamente es la columna vertebral de la abundancia. Además, la superación personal no tiene ya el mismo significado que antes. Desde el advenimiento de Internet, estos son elementos indispensables para comprender una parte significativa de la información *online*, y de ese modo proporcionar los fundamentos necesarios para acceder a lo que claramente es la mayor herramienta de superación personal de la historia.

El énfasis en el crecimiento y la responsabilidad personales es también fundamental, porque estamos en medio de una revolución de la educación. Como los expertos como sir Ken Robinson³⁴ –que recibió el título de sir por su contribución a la educación– han repetido en numerosas ocasiones, hoy en día, las anticuadas aulas son la menor de nuestras preocupaciones. «De pronto, los títulos no valen nada», dice Robinson. «Cuando yo estudiaba, si tenías un título, tenías trabajo. Si no tenías trabajo, era porque no querías tenerlo».

El problema es que hay muchos lugares en el mundo sin ninguna infraestructura educativa y, en aquellos lugares en los que existe, dependen de un marco pedagógico que está seriamente desfasado. La mayor parte de los sistemas educativos actuales están contruidos³⁵ con la jerarquía de aprendizaje tradicional: matemáticas y ciencias en lo más alto, humanidades en medio y arte abajo. La razón de esto es que estos sistemas se desarrollaron en el siglo XIX, en medio de la Revolución industrial, cuando esta jerarquía proporcionaba los mejores fundamentos para el éxito. Ya no es así. En una cultura tecnológica muy cambiante y una economía crecientemente basada en la información, las ideas creativas son el recurso fundamental. Sin

embargo, nuestro actual sistema educativo hace muy poco por nutrir ese recurso.

Además, nuestro sistema actual está construido alrededor del aprendizaje de hechos, pero Internet hace que casi cualquier dato que se desee conocer esté disponible de manera instantánea. Esto quiere decir que estamos enseñando a nuestros hijos habilidades que muy pocas veces necesitan, mientras que ignoramos aquellas que necesitan absolutamente. Enseñar a los chicos cómo alimentar su creatividad y su curiosidad, mientras se les sigue proporcionando una base sólida de pensamiento crítico, alfabetización y matemáticas, es la mejor manera de prepararles para un futuro de cambio tecnológico crecientemente rápido.

El cambio tecnológico que está llegando es incluso mejor. A diferencia del actual sistema educativo «igual para todos», el cambio tecnológico será descentralizado, personalizado y extremadamente interactivo –porque nos llegará a través de los ordenadores personales (o aparatos como los teléfonos inteligentes)–. *Descentralizado* significa que el aprendizaje no puede ser fácilmente restringido por gobiernos autocráticos y que es considerablemente más inmune a los trastornos socioeconómicos. *Personalizado*, que puede ser hecho a medida de las necesidades y estilo de aprendizaje favorito de cada individuo. Ambas son mejoras significativas, pero muchos piensan que es la interactividad lo que puede aportar los mayores beneficios. Como explica Nicholas Negroponte,³⁶ fundador del Media Lab del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y de la organización One Laptop Per Child (OLPC) –cuyo objetivo global es proporcionar un portátil a cada niño en edad escolar del mundo–: «Los epistemólogos, desde John Dewey a Paulo Freire pasando por Seymour Papert, están de acuerdo en que se aprende al hacer. Esto significa que si quieres aprender más, quieres hacer más. Así el OLPC hace hincapié en las herramientas de *software* para explorar y expresarse, en lugar de instruirse. El amor es un maestro mejor que la obligación. Utilizar el portátil como medio para enganchar a los niños a construir su conocimiento basado en sus intereses personales y proporcionarles herramientas para compartir y criticar esas construcciones les llevará a convertirse en aprendices y maestros».

Abriendo el grifo de la información

El último elemento en este nivel de nuestra pirámide es la abundancia de información y de comunicación. El tema ya ha sido mencionado, pero el impacto de estos cambios es enorme. En Kenia, una agencia de contratación conocida como KAZI 560³⁷ utiliza móviles para conectar a trabajadores potenciales con empleadores potenciales. En sus primeros siete años, unos 60.000 keniatas han encontrado trabajo a través de esta red. En Zambia, campesinos sin cuenta bancaria³⁸ confían ahora en los móviles para comprar semillas y fertilizantes, aumentando sus beneficios casi en un 20 por ciento. En Níger, en 2005, los móviles sirvieron en la práctica como un sistema nacional de distribución de alimentos, y de forma efectiva previnieron una hambruna. En 2007, el ejecutivo Isis Nyong'o³⁹ (entonces en MTV y ahora en Google) dijo a la BBC que el impacto de los móviles en África ha tenido «más o menos el mismo efecto que pasar a tener un gobierno elegido democráticamente».

Quizá aún más importante, los móviles produjeron este cambio casi de manera orgánica. La tecnología no tuvo que ser «vendida» en ningún sentido tradicional. En lugar de eso, los móviles se propagaron de forma viral, y casi imparable. Por tomar prestada la frase de Malcolm Gladwell, la idea alcanzó el punto clave. Cuando la gente comprendió la tecnología y esta se hizo más o menos asequible (porque los móviles en el Tercer Mundo a menudo se obtienen con microcréditos), su tasa de crecimiento se hizo exponencial –simplemente mira el caso de Nigeria.

En 2001, 134 millones de nigerianos compartían 500.000 teléfonos fijos.⁴⁰ Ese mismo año el gobierno comenzó a estimular la competencia en el mercado de las conexiones inalámbricas, y el mercado respondió. En 2007, Nigeria tenía treinta millones de altas de móviles. Obviamente, esto produjo un gran aumento de la economía local; pero es importante recordar que no solo se beneficiaron los nigerianos. Cuando los beneficios de Nokia alcanzaron mil millones de dólares en 2009,⁴¹ la compañía dijo que en gran medida era responsable de ello su penetración en el mercado africano. En 2010, cuando la multinacional finlandesa vendió su móvil número mil millones, no es sorprendente que la venta se produjera en Nigeria.

La cima de la pirámide

La abundancia es una idea global. Incluye a todo el mundo. Significa que el individuo importa, e importa como nunca. Por eso, mi pirámide de la abundancia culmina con un par de conceptos que refuerzan la importancia del individuo: la salud y la libertad. Empezaremos con la salud.

Si el individuo importa, entonces su bienestar importa; así pues, cuidar la salud y proporcionar un buen sistema sanitario son componentes esenciales de un mundo abundante. Y hay algo que es absolutamente cierto: la creación de este mundo comienza por frenar las muertes innecesarias de millones de personas como resultado de enfermedades completamente evitables o que se pueden tratar fácilmente.

Las infecciones respiratorias agudas son una de las enfermedades graves a nivel mundial,⁴² representando alrededor de dos millones de muertes al año y colocándose en el primer lugar entre las causas de pérdida de esperanza de vida ajustada por discapacidad en los países en vías de desarrollo. Las poblaciones de mayor riesgo son los jóvenes, los ancianos y los inmunocomprometidos. ¿Por qué pasa esto? Porque estas infecciones no se suelen diagnosticar. La neumonía, una enfermedad que somos capaces de curar desde hace casi un siglo, sigue representando un 19 por ciento de todas las muertes de niños de menos de cinco años. Y lo que es aún más desconcertante, las medicinas para tratar la neumonía son genéricas. Son baratas y fáciles de encontrar. Esto quiere decir que el problema es fundamentalmente de diagnóstico y/o distribución.

Hoy en día para realizar un análisis de sangre se requiere tener acceso a equipos esterilizados y a personal cualificado. Está claro que no se necesita mucho para tomar una muestra de sangre, pero después de recogerla, tiene que ser enviada a un laboratorio adecuado y tras ello esperar días, a veces semanas, hasta que llegan los resultados. No solo las pruebas son prohibitivas, sino que en los países en vías de desarrollo, donde el transporte público puede no existir siquiera, es bastante difícil para la mayoría simplemente acudir al doctor, no digamos regresar semanas después para conocer los resultados y conseguir un tratamiento.

Una tecnología que se está desarrollando en estos momentos, conocida como Lab-on-a-Chip (LOC, laboratorio en un chip), tiene el

potencial de resolver estos problemas. Empaquetado en un aparato del tamaño de un móvil, y portátil, el LOC permitirá a los médicos, enfermeras e incluso a los propios pacientes, tomar una muestra de fluido corporal (como orina, esputo o una sola gota de sangre) y obtener docenas, incluso centenares, de diagnósticos allí mismo y en cuestión de minutos. «Es una tecnología que cambia las reglas del juego», dice John T. McDevitt, profesor de bioingeniería y química de la Rice University pionero en este campo. «En el mundo en vías de desarrollo proporcionará asistencia sanitaria fiable a miles de millones que actualmente no cuentan con ella. En el mundo desarrollado, como aquí, en Estados Unidos –donde los costes médicos crecen un 8 por ciento cada año y el 16,5 por ciento de la economía se dedica a la atención sanitaria–, si a las tecnologías médicas personalizadas, como el laboratorio en un chip, no se les da uso, vamos hacia la bancarrota del país.»

Otra manera en que las tecnologías LOC dan la vuelta a la situación es mediante su capacidad de reunir información. Dado que estos chips están *online*, la información que reúnen –como, por ejemplo, un brote de gripe porcina– puede ser cargada inmediatamente en una nube donde puede ser analizada para encontrar sus rasgos característicos. «Por primera vez», dice McDevitt, «tendremos acceso a grandes cantidades de información médica global. Esto será crucial para frenar la propagación de nuevas enfermedades emergentes y pandemias».

Además, los LOC son solo una de las numerosas tecnologías similares que se están desarrollando actualmente. Según un informe de 2010 de PricewaterhouseCoopers,⁴³ el campo de la medicina personalizada –un sector que realmente no existía antes de 2001 (ya que la secuenciación del genoma humano se considera generalmente como su fecha de arranque)– está creciendo a una tasa del 15 por ciento anual. Se estima que para 2015 el mercado global de la medicina personalizada alcanzará 452.000 millones de dólares. Todo ello, para decir que pronto tendremos los medios, los métodos y la motivación para dar valor al bienestar individual como nunca antes.

Libertad

El elemento definitivo de nuestra pirámide de la abundancia es la libertad. Esto puede parecer un verdadero desafío, pero es crítico.

En su libro de 1999, *Desarrollo y libertad*, el economista y premio Nobel Amartya Sen señaló que la libertad política va a la par que el desarrollo sostenible.⁴⁴ Dado que la abundancia, por definición, es un objetivo sostenible, entonces un cierto grado de libertad es un requisito previo para alcanzar dicho objetivo. Afortunadamente, un cierto grado de libertad también surge de manera orgánica en respuesta a determinadas nuevas tecnologías –especialmente aquellas del tipo de la comunicación y la información.

Esta idea no es nueva. En su libro de 1962 *Historia y crítica de la opinión pública*, el filósofo social Jürgen Habermas⁴⁵ sostiene que otorgar poderes a la gente con herramientas que facilitan la libre expresión supone poner una presión creciente en los líderes no democráticos, mientras que, al mismo tiempo, aumenta los derechos del ciudadano. Pero incluso un pensador tan brillante como Habermas no podía prever lo que Jared Cohen descubrió en junio de 2009.

Cohen es un joven de la generación Y, con amplios conocimientos de Internet, licenciado en Harvard, que se integró en el Departamento de Estado de la administración de Obama con la oportunidad de trabajar a las órdenes de Hillary Clinton. Fue Cohen quien, en medio de las protestas poselectorales de junio de 2009 en Irán, se puso en contacto con el fundador de Twitter, Jack Dorsey, y exhortó a la compañía para que modificara el mantenimiento previsto del sitio web para que los iraníes pudieran seguir tuiteando. Dado que todas las demás formas de comunicación habían sido bloqueadas o cerradas, Twitter se convirtió en el cauce por el que el pueblo iraní mantuvo el contacto con el mundo exterior.

La importancia de esta vía ha sido objeto de mucho debate. Los Webby Awards, los principales premios internacionales que honran la excelencia en internet, colocaron la así llamada «Revolución Twitter»⁴⁶ en su lista de los diez mejores momentos de Internet durante la década (junto a la campaña presidencial de Estados Unidos y la salida a Bolsa de Google), aunque otros señalan que los tuits no paran las balas. Sea como sea, la revolución sin duda demostró que las tecnologías de la información son agentes del cambio extremadamente poderosos. «Al utilizar los nuevos medios para extender los contactos horizontales⁴⁷ y presionar al régimen actual», escribió el analista político Patrick Quirk en *Foreign Policy Focus*, «esta generación ha reforzado los fundamentos de una fuerza potencialmente sólida a favor del cambio democrático».

Este cambio no es solamente un fenómeno iraní. Un informe de 2009 de la Agencia para la Cooperación y el Desarrollo Internacional de Suecia examinó el impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (ICT en inglés) para el desarrollo de la democracia en Kenia, Tanzania y Uganda, y descubrió lo siguiente: «El acceso y el uso estratégico de las ICT⁴⁸ ha demostrado que tiene potencial para ayudar a producir el desarrollo económico, la reducción de la pobreza y la democratización –incluyendo la libertad de expresión, el libre flujo de la información y la promoción de los derechos humanos».

El mayor desafío

Así que aquí lo tienes: un primer vistazo a nuestros difíciles objetivos. En cuanto al marco temporal para alcanzarlos, todo lo esbozado en las páginas anteriores (y mucho más, de lo que se hablará más adelante) debería poder conseguirse en veinticinco años, con un primer cambio visible en la próxima década. Por supuesto, ahora que hemos definido nuestros objetivos y nuestro calendario, hay que resolver otro problema: el hecho de que todo esto parece un tanto inverosímil.

¿Haber acabado con la mayor parte de lo que nos aqueja hacia 2035? ¿Puede estar hablando en serio?

Y ahí se dirige el foco de los siguientes capítulos. Mientras que las partes 2, 3 y 5 de este libro se dedican a las tecnologías que forman parte de este cambio, la parte 4 examina las tres fuerzas que se van a juntar para hacer posible tal abundancia, y la parte 6 estudia formas de acelerar y dirigir este proceso. El resto de la parte 1 está dedicado a examinar por qué muchos de nosotros, cuando escuchamos esta promesa de abundancia, simplemente no nos la creemos.

La gente se queja por una serie de razones. Algunos creen que el pantano de enfermedades, hambre y guerra en que nos encontramos actualmente parece demasiado profundo como para salir de él, por no hablar de otras cosas. Para otros, el marco temporal es demasiado corto y no va a haber suficiente progreso tecnológico en las próximas décadas como para hacer mella en estas cuestiones que nos preocupan. También están aquellos que ven que nuestros proble-

mas van empeorando: los ricos se están haciendo cada vez más ricos y los pobres quedándose aún más atrás, mientras que la lista de las amenazas globales –pandemias, terrorismo, conflictos regionales crecientes– aumenta sin pausa. Todas ellas son preocupaciones válidas, y las abordaremos en los próximos capítulos. Pero antes conviene comprender algo más sobre las raíces de este cinismo tan humano, y por qué puede ser precisamente esto –la incapacidad de la gente para ver las tendencias positivas en un océano de malas noticias– lo que levanta el mayor escollo en el camino hacia la abundancia.

Ver el bosque a través de los árboles

Daniel Kahneman

La abundancia es una gran visión condensada en un pequeño periodo de tiempo. Los próximos veinticinco años pueden rehacer el mundo, pero esto no ocurrirá por sí solo. Hay que enfrentarse a muchas cuestiones, y no todas ellas de naturaleza tecnológica. Es igualmente importante superar los bloqueos psicológicos –cinismo, pesimismo y todas esas muletas del pensamiento contemporáneo– que hacen que muchos de nosotros no creamos en la posibilidad de la abundancia. Para conseguir esto necesitamos comprender el modo en que nuestra mente da forma a nuestras creencias y nuestras creencias dan forma a nuestra realidad. Quizá no haya nadie más adecuado para ayudarnos a abordar esta cuestión que el premio Nobel de Economía Daniel Kahneman.

Kahneman es un judío¹ que nació en Tel Aviv en 1934, y cuya infancia transcurrió en el París ocupado por los nazis. Una tarde de 1942 estaba jugando en casa de un amigo cristiano, perdió la noción del tiempo y se pasó por mucho de las seis de la tarde, hora del toque de queda impuesto por los nazis. Después de darse cuenta de su descuido, Kahneman le dio la vuelta a su jersey para ocultar la estrella de David que los judíos estaban obligados a llevar en la ropa y se puso en camino para escabullirse hasta su casa. No llegó muy lejos antes de encontrarse con un soldado de las SS que caminaba hacia él en

una calle desierta. No había ningún lugar donde esconderse. Como estaba seguro de que el soldado iba a darse cuenta de la estrella, Kahneman aceleró el paso, pero el soldado le detuvo de todos modos. Sin embargo, en lugar de arrestarle, tal como cuenta el nobel en su autobiografía: «Me hizo señas para que me acercara, me levantó y me abrazó... Me hablaba con gran emoción, en alemán. Cuando me dejó en el suelo, abrió su cartera, me enseñó la foto de un niño y me dio algo de dinero. Me marché a casa más convencido que nunca de que mi madre tenía razón: la gente no deja de ser complicada e interesante».

Kahneman nunca olvidó este encuentro. Su familia sobrevivió a la guerra y se trasladó a Israel, donde su curiosidad por el comportamiento humano se convirtió en una licenciatura en psicología. Después de licenciarse en la Universidad Hebrea en 1954, Kahneman fue reclutado inmediatamente por las Fuerzas de Defensa de Israel. Dada su formación en psicología, el ejército le pidió que les ayudara a evaluar candidatos para ser entrenados como oficiales. Kahneman aceptó el trabajo, y el estudio del comportamiento humano no ha vuelto a ser igual desde entonces.

Los israelíes habían desarrollado² un test que parecía muy adecuado para seleccionar futuros oficiales. Se reunía a los candidatos en pequeños grupos y se les encargaba una tarea difícil, como levantar del suelo un poste telefónico y pasarlo por encima de un muro de más de dos metros sin que tocara el suelo o el propio muro. «Bajo la presión de la prueba», escribe Kahneman, «pensábamos que se mostraría la verdadera naturaleza de los soldados, y que seríamos capaces de determinar quién sería un buen líder y quién no».

Pero no funcionó como estaba previsto. «No había forma de saberlo. Aproximadamente cada mes teníamos un “día de estadísticas”, durante el cual recibíamos comentarios críticos de la escuela de formación de oficiales, que indicaban la exactitud de nuestra evaluación del potencial de los candidatos. La historia era siempre igual: nuestra habilidad para predecir el progreso de los candidatos era insignificante. Sin embargo, al día siguiente nos mandaban otro grupo de candidatos que había que llevar a la pista de obstáculos, donde otra vez tenían que pasar el poste por encima del muro de manera que pudiéramos desvelar la verdadera naturaleza de los candidatos. Me quedé tan impresionado por la total falta de conexión entre los re-

sultados estadísticos que recibíamos y el preciso procedimiento de selección que acuñé un término para ello: “la ilusión de la validez”.»

Kahneman describió la ilusión de la validez como «la idea de que entiendes a alguien y puedes predecir cómo se comportará», pero desde entonces se ha ampliado a «una propensión de la gente a interpretar sus propias creencias como si fueran realidad». Los israelíes estaban convencidos de que la prueba del poste telefónico desvelaría el verdadero carácter del soldado, así que siguieron utilizándola a pesar de que no había correlación entre los resultados de la prueba y la calidad de los futuros oficiales. Lo que generaba esa ilusión, y por qué la gente es tan proclive a ella, se convirtió en el objetivo de las investigaciones futuras de Kahnemann: una odisea de medio siglo que cambiaría para siempre nuestra forma de pensar sobre cómo pensamos, incluyendo cómo pensamos sobre la abundancia.

Sesgos cognitivos

Una de las razones por las que la abundancia sigue siendo difícil de aceptar es porque vivimos en un mundo extraordinariamente incierto, y la toma de decisiones cuando existe incertidumbre nunca es fácil. En un mundo perfectamente racional, cuando tengamos que elegir, evaluaremos la probabilidad y la utilidad de todos los resultados posibles y después combinaremos ambas para tomar una decisión. Pero los seres humanos muy pocas veces tenemos ante nosotros todos los hechos, no podemos saber todos los resultados, y –aun si pudiéramos– no tenemos ni el tiempo ni la capacidad neurológica para analizar todos los datos. Más bien, nuestras decisiones se toman a partir de informaciones incompletas, a menudo poco fiables, y obstaculizadas adicionalmente por nuestras propias limitaciones (la capacidad de procesamiento del cerebro) y por imposiciones externas (por ejemplo, el límite de tiempo en el que tenemos que tomar las decisiones). En estas circunstancias hemos desarrollado una estrategia subconsciente, un truco para resolver problemas: a esas fórmulas se les llama heurísticas.

La heurística es un atajo cognitivo:³ ahorra tiempo y energía mediante reglas prácticas que nos permiten simplificar el proceso de toma de decisiones. Las hay de todos los tipos. En el estudio de la per-

cepción visual, la claridad es una heurística utilizada para ayudarnos a evaluar las distancias: cuanto más nítido se ve un objeto, más cerca parece que está. En el campo de la psicología social, la heurística se pone de manifiesto cuando asignamos posibilidades –como evaluar la posibilidad de que un actor de Hollywood sea cocainómano–. Para responder a esta pregunta, lo primero que hace la mente es comprobar su base de datos en busca de drogadictos de Hollywood conocidos. A esto se le llama disponibilidad heurística –hasta qué punto hay ejemplos disponibles para comparar– y nuestra facilidad de acceso a esta información se convierte en una parte significativa en la que basamos nuestro juicio.

Normalmente este no es un mal camino. La heurística es una solución evolutiva para un problema indiscutible: tenemos unos recursos mentales limitados. Como tal, tiene una larga historia de habernos ayudado –en promedio– a tomar decisiones mejores. Pero lo que Kahneman descubrió es que hay ciertas situaciones en las que confiar en la heurística lleva a⁴ lo que él llama «errores serios y sistemáticos».

Tomemos el ejemplo de la claridad. La mayor parte de las veces, confiar en esta heurística funciona perfectamente para evaluar la distancia entre A y B; sin embargo, cuando hay poca visibilidad y el contorno de los objetos es borroso, tendemos a sobreestimar la distancia. Lo contrario también es cierto. Cuando la visibilidad es buena y los objetos son nítidos, nos confundimos en el sentido contrario. «Así», escribieron Kahneman y el psicólogo de la Universidad Hebrea Amos Tversky en su artículo de 1974 «Nuestra capacidad de juzgar bajo condiciones de incertidumbre: heurísticas y sesgos», «confiar en la claridad como indicativo de la distancia conduce a un sesgo habitual».

Nuestros sesgos habituales han pasado desde entonces a ser conocidos como sesgos cognitivos, que son definidos como «errores de juicio que tienen lugar en situaciones particulares». Hoy en día se han recopilado una larga lista de estos sesgos, y muchísimos de ellos tienen un impacto directo en nuestra capacidad de creer en la posibilidad de la abundancia. Por ejemplo, el sesgo de confirmación es una tendencia a buscar o interpretar la información de un modo que confirme las ideas preconcebidas propia, por lo que a menudo limita nuestra capacidad de asimilar nuevos datos y de cambiar viejas opiniones. Esto quiere decir que si tu oposición a la abundancia está construida alrededor de la hipótesis de que «el

agujero en el que estamos metidos es demasiado profundo como para poder salir de él», cualquier información que confirme tus sospechas será recordada, mientras que datos opuestos ni siquiera dejarán su constancia.

He aquí un ejemplo excelente: Los célebres «paneles de la muerte» de Sarah Palin. En 2009 y 2010, durante los debates sobre el proyecto de ley de reforma de la sanidad pública por parte de la administración de Obama, la idea de su existencia se difundió como un fuego descontrolado a pesar de que fuentes fiables afirmaron que era mentira. El *New York Times* se mostraba perplejo: «El pertinaz, aunque falso, rumor de que las propuestas de reforma de la sanidad del presidente Obama crearán “paneles de la muerte” financiados por el gobierno⁵ para decidir qué pacientes merecen vivir, parece haber surgido de la nada durante las últimas semanas». Sin embargo, «de la nada» realmente era nuestro sesgo de confirmación. Los republicanos de extrema derecha desconfiaban de Obama, así que esos desmentidos serios de los paneles de la muerte cayeron en saco roto.

El sesgo de confirmación es solo uno de los múltiples sesgos que tienen impacto en la abundancia. Seguro que el sesgo negativo –la tendencia a dar más peso a la información y las experiencias negativas que a las positivas– no ayuda. Y después está el denominado anclaje: la tendencia a confiar excesivamente en un tipo de información a la hora de tomar decisiones. «Cuando la gente cree que el mundo se está desmoronando»,⁶ dice Kahneman, «a menudo es por un problema de anclaje. A finales del siglo XIX, Londres se estaba volviendo invivable por la acumulación de estiércol de caballo en las calles. A la gente le entró un pánico total. Debido al anclaje en una sola idea, no se podían imaginar ninguna otra posibilidad. Nadie sabía que iban a llegar los coches y que pronto se iban a preocupar de los cielos contaminados y no de las calles sucias».

Lo que hace que la situación sea más difícil es el hecho de que nuestros sesgos cognitivos a menudo trabajan en tándem. Debido a nuestro sesgo de negatividad, levantarse en el clima actual y afirmar que el mundo está mejorando hace que parezca que estás confundido. Pero también sufrimos del efecto de «subirse al carro» –la tendencia a hacer o creer en cosas porque otros lo hacen–, por lo que, aunque creas que hay motivos reales de optimismo, estos dos sesgos se unirán y harán que dudes de tus propias opiniones.

En los últimos años los científicos han comenzado a descubrir elementos comunes en nuestros sesgos. Uno de ellos es descrito habitualmente como nuestro «sistema psicológico inmune».⁷ Si crees que tu propia vida no tiene remedio, entonces ¿qué sentido tendría esforzarse? Para defenderse de esta actitud hemos desarrollado un sistema inmunológico de tipo psicológico: un conjunto de sesgos que nos mantienen absurdamente seguros de nosotros. En cientos de estudios se ha evidenciado sistemáticamente que los hombres sobrevaloramos nuestro atractivo, inteligencia, ética del trabajo, posibilidades de éxito (sea que nos toque la lotería o que nos asciendan), nuestra capacidad de evitar un resultado negativo (bancarrota, enfermar de cáncer), de influir sobre acontecimientos externos, o sobre otras personas, e incluso la superioridad de nuestro propio grupo (conocido como el Efecto del lago Wobegon por el mundo feliz de ficción descrito por Garrison Keillor, «donde todos los niños están por encima de la media»). Pero también hay un reverso de la moneda: al sobrevalorarnos, acabamos infravalorando el mundo que nos rodea.

Los seres humanos están concebidos para ser optimistas locales y pesimistas globales, y este es un problema aún mayor para la abundancia. Un colaborador de Kahneman y Tversky, el psicólogo de la Universidad de Cornell Thomas Gilovich⁸ cree que esta cuestión tiene dos aspectos: «Primero, debido al anclaje, hay un vínculo directo entre imaginación y percepción. Segundo, somos fanáticos del control y somos significativamente más optimistas sobre aquellas cosas que creemos que podemos controlar. Si te pregunto qué puedes hacer para conseguir una nota mejor en matemáticas, te lo puedes imaginar: estudiar más, salir menos de fiesta, quizá contratar a un tutor. Esto lo controlas. Por ello, el sistema psicológico inmune te hace sentir demasiado seguro de ti mismo. Pero si te pregunto qué puedes hacer para solucionar el hambre en el mundo, todo lo que puedes imaginarte son hordas de niños que se mueren de hambre. No tienes ninguna sensación de control ni de confianza en ti mismo, y a falta de ellos, esos niños que se mueren de hambre se convierten en tu anclaje, y desplazan todas las demás posibilidades».

Una de esas posibilidades es que realmente tenemos algún control sobre el hambre en el mundo. Como veremos en próximos capítulos, dado el crecimiento exponencial de las tecnologías, pequeños grupos están consiguiendo el poder de hacer lo que antes solo podían

hacer los gobiernos –incluyendo combatir el hambre–. Pero antes de llegar ahí, para entender realmente todos los obstáculos psicológicos a estos progresos, primero tenemos que examinar cómo la arquitectura de nuestra mente y nuestra historia evolutiva conspiran para que sigamos siendo pesimistas.

Si hay sangre, hay audiencia*

Cada segundo, una avalancha de datos cae sobre nuestros sentidos. Para procesar ese diluvio, la mente criba y ordena la información, tratando de separar lo fundamental de lo anecdótico. Y dado que no hay nada más fundamental para la mente que la supervivencia, el primer filtro que se encuentra la mayor parte de la información entrante es la amígdala.⁹

La amígdala es una parte del lóbulo temporal en forma de almendra, responsable de las emociones primarias, como la ira, el odio o el miedo. Es nuestro sistema de alerta en primera línea, un órgano que está siempre en alerta máxima, cuyo trabajo es encontrar cualquier cosa de nuestro entorno que pueda ser una amenaza para nuestra supervivencia. Si en condiciones normales está atenta, una vez estimulada, la amígdala se vuelve hipervigilante. Entonces nuestro foco de atención se tensa y nuestra respuesta de «luchar o huir» se pone en marcha. Nuestro ritmo cardíaco se acelera, los nervios disparan más rápidamente, los ojos se dilatan para conseguir una mejor visión y la piel se enfría a medida que la sangre circula hacia los músculos para posibilitar un ritmo de reacción más rápido. Cognitivamente, nuestro sistema de reconocimiento de situaciones escarba en nuestros recuerdos en busca de ocasiones similares (para ayudar a identificar la amenaza) y de soluciones potenciales (para neutralizarla). Pero la respuesta es tan potente que una vez puesta en marcha es casi imposible detenerla, y este es un problema en el mundo moderno.

Hoy en día estamos saturados de información. Tenemos millones de fuentes de información compitiendo en nuestro cerebro para

* *If it bleeds, it leads* es una frase hecha en inglés que hace mención a la fascinación de los medios de comunicación (incluye también el cine, por ejemplo) por la violencia. La rima es difícil de reproducir y mi traducción es libre (N. del T.)

que las recordemos. ¿Y cómo compiten? Luchando por obtener la atención de la amígdala. El viejo dicho de los periódicos «Si hay sangre, hay audiencia» funciona, porque el primer freno con el que se encuentra la información entrante es un órgano ya preparado para buscar el peligro. Estamos alimentando a un demonio. Coge tu periódico y compara el número de historias positivas con las negativas. Si tu experimento se parece en algo al mío, te encontrarás con que más de un 90 por ciento de los artículos son pesimistas. Simplemente, las buenas noticias no captan nuestra atención. Las malas venden porque la amígdala siempre está buscando algo que temer.

Pero esto tiene un impacto inmediato en nuestra percepción. David Eagleman, un neurocientífico del Baylor College de Medicina, explica que incluso en circunstancias rutinarias la atención es un recurso limitado. «Imagina que estás viendo un corto con un solo actor que está haciendo una tortilla.¹⁰ Se produce un cambio de plano mientras el actor sigue cocinando. Seguramente te darás cuenta de si el actor se ha convertido en otra persona, ¿verdad? Pues dos tercios de los observadores no lo hacen.» Esto ocurre porque la atención es un recurso muy limitado, y una vez que nos centramos en una cosa, a menudo no nos damos cuenta de la siguiente. Por supuesto, cualquier respuesta ante el miedo amplifica el efecto. Lo que significa todo esto es que cuando la amígdala comienza a buscar malas noticias, mayormente va a encontrar malas noticias.

Para exacerbar esta situación, nuestro sistema de alerta en primera línea ha ido evolucionado en una época en que los peligros estaban cerca, las amenazas eran del tipo «hay un tigre en la maleza». Las cosas han cambiado desde entonces. Muchos de los peligros actuales son probabilísticos –la economía puede desplomarse, podría haber un ataque terrorista– y la amígdala no puede distinguir la diferencia. Y lo que es peor, el sistema también está diseñado para no apagarse hasta que el peligro potencial haya desaparecido completamente, pero los peligros probabilísticos nunca desaparecen totalmente. Añade a todo esto unos medios de comunicación «que no pueden evitar» meternos continuamente el miedo en el cuerpo, en un intento de captar cuota de mercado, y tendrás una mente convencida de que está viviendo en estado de sitio –un estado que es especialmente problemático, como explica el doctor Marc Siegel de la Universidad de Nueva York en su libro *False Alarm: The Truth*

*About the Epidemic of Fear,*** porque nada podría estar más alejado de la verdad:

Estadísticamente, el mundo industrializado nunca ha sido más seguro que ahora.¹¹ Muchos de nosotros vivimos más y con menos incidentes que nunca. Sin embargo, vivimos los miedos del peor de los casos. Durante el último siglo, los estadounidenses hemos reducido de forma espectacular los riesgos en prácticamente todos los campos de la vida, lo cual ha dado como resultado que ésta se prolonga un 60 por ciento más en 2000 que en 1900. Los antibióticos han reducido las posibilidades de morir por culpa de infecciones... Las medidas de salud pública establecen normas para el agua potable y el aire que respiramos. Se llevan nuestra basura rápidamente. Tenemos un entorno con temperaturas y enfermedades controladas. Sin embargo, nos preocupamos más que nunca. Los peligros naturales ya no están ahí, pero los mecanismos de respuesta siguen en su sitio, y hoy en día están en funcionamiento la mayor parte del tiempo. Hemos convertido nuestro mecanismo adaptativo del miedo en un pánico injustificado.

Para la abundancia, todo esto conlleva un triple castigo. Primero, es difícil ser optimista porque la arquitectura de filtrado de la mente esta diseñada para ser pesimista. Segundo, las buenas noticias desaparecen, porque los medios de comunicación están muy interesados en exagerar lo malo. Tercero, los científicos han descubierto recientemente algo peor: no se trata solo de que estos instintos de supervivencia nos hagan creer que «el agujero en el que estamos metidos es demasiado profundo como para poder salir de él», sino que también reducen nuestro deseo de salir del agujero.

Un deseo de mejorar el mundo se basa parcialmente en la empatía y la compasión. La buena noticia es que hoy en día sabemos que estos comportamientos prosociales son parte intrínseca del cerebro. La mala noticia es que estos comportamientos se rigen desde el lento córtex prefrontal, de reciente evolución. Por el contrario, la amígdala evolucionó hace mucho, en una época en que había que responder con celeridad, cuando el tiempo de reacción era básico para la

** *Falsa alarma: la verdad sobre la epidemia del miedo.*

supervivencia. Cuando hay tigres en la maleza, no hay mucho tiempo para pensar, por lo que la mente toma un atajo: no piensa.

En situaciones de peligro, la amígdala lleva la información a nuestros músculos saltándose el córtex prefrontal. Esta es la razón por la que das un salto atrás cuando ves una forma alargada en el suelo antes de que tengas tiempo de deducir que se trata de un palo y no de una serpiente. Pero dada la diferencia en las velocidades de procesamiento neuronal, cuando nuestros primitivos instintos de supervivencia se ponen marcha, nuestros nuevos instintos prosociales se quedan al margen.¹² La compasión, la empatía, el altruismo –incluso la indignación– dejan de ser factores que cuentan. Cuando los medios de comunicación nos ponen en alerta máxima, por ejemplo, la desigualdad entre ricos y pobres parece demasiado grande como para que la distancia pueda salvarse, porque las emociones que nos harían querer salvarla están bloqueadas y fuera del sistema.

«No es de extrañar que estemos agotados»

Durante los últimos 150.000 años, el *Homo sapiens* evolucionó en un mundo que era «local y lineal»,¹³ pero hoy en día el entorno es «global y exponencial». En el entorno local de nuestros antecesores, la mayor parte de las cosas que les pasaban ocurrían a una distancia a pie de un día. En su entorno lineal, el cambio era terriblemente lento –la vida de una generación y la siguiente era realmente igual– y lo que cambiaba lo hacía siempre siguiendo una progresión lineal. Para darte una idea de la diferencia, si camino treinta pasos lineales (considerando que un paso es un metro) desde la puerta de mi casa de Santa Mónica, llegaré a treinta metros de distancia. Sin embargo, si camino treinta pasos exponenciales (uno, dos, cuatro, ocho, dieciséis, treinta y dos, etc.), llegaré a una distancia de mil millones de metros, o sea, habré dado la vuelta al mundo veintiséis veces.

El mundo actual, global y exponencial, es muy diferente de aquel en el que nuestra mente evolucionó para comprender. Considera el inmenso alcance de la información con la que nos encontramos hoy en día. Una semana del *New York Times* contiene más información¹⁴ que la media de la que se encontraba un ciudadano del siglo xvii en toda su vida. Y el volumen está creciendo exponencialmente. «Desde

los mismos orígenes del tiempo hasta el año 2003»,¹⁵ dice el director ejecutivo de Google Eric Schmidt, «la humanidad creó cinco exabits de información digital. Un exabit es mil millones de gigabit –o un uno seguido de dieciocho ceros–. Ahora mismo, en 2010, nuestra especie está generando cinco exabits de información cada dos días. Para 2013, la cifra será de cinco exabits cada diez minutos... No es de extrañar que estemos agotados».

Por tanto, la cuestión es que estamos interpretando un mundo global con un sistema construido para paisajes locales. Y dado que nunca antes lo habíamos visto, el cambio exponencial tiene aún menos sentido. «Hace quinientos años,¹⁶ las tecnologías no doblaban su capacidad y reducían por la mitad su precio cada dieciocho meses», escribe Kevin Kelly en su libro *What Technology Wants*. «Los molinos de agua no se abarataban cada año. Un martillo no era más fácil de usar de una década a la siguiente. El hierro no aumentaba su resistencia. La producción de la cosecha de maíz variaba en función del clima, en lugar de aumentar año tras año. Cada doce meses no podías mejorar el yugo del buey mucho más allá de lo que ya lo hubieras hecho».

La desconexión entre el «cableado» local y lineal de nuestra mente y la realidad global y exponencial de nuestro mundo está creando lo que yo llamo una «convergencia perjudicial». Las tecnologías se están disparando y apoyando mutuamente como nunca antes, y nuestras mentes no pueden prever fácilmente unas transformaciones tan rápidas. Nuestras actuales instituciones de gobierno y sus estructuras legales no están preparadas para este ritmo. Mira los mercados financieros. Durante la última década, empresas valoradas en miles de millones de dólares, como Kodak,¹⁷ Blockbuster¹⁸ o Tower Records,¹⁹ se hundieron casi de la noche a la mañana, mientras que otras compañías que alcanzaron valoraciones parecidas surgieron de la nada. YouTube²⁰ pasó de ser una empresa en ciernes a ser comprada por Google por 1.650 millones de dólares en un plazo de dieciocho meses. Mientras tanto, Groupon²¹ pasó de ser el embrión de una empresa a tener un valor de 6.000 millones de dólares en dos años. Históricamente, nunca se había creado valor de forma tan rápida.

Esto nos plantea un problema psicológico fundamental. Mientras la abundancia constituye una visión global construida sobre la plataforma de un cambio exponencial, nuestras mentes locales y lineales son ciegas ante la mera posibilidad de la abundancia, las oportuni-

dades que ofrece y la velocidad que alcanza. En lugar de eso, somos víctimas de lo que ha llegado a conocerse como el «ciclo de sobreexpectación» (*hype cycle*).²² Inflamos las expectativas cuando una nueva tecnología se introduce por vez primera, para sufrir a continuación un periodo de desilusión cuando resulta no estar a la altura esperada. Pero esa es la parte importante: con la desilusión nos equivocamos sistemáticamente a la hora de reconocer la naturaleza profundamente transformadora de las tecnologías exponenciales—, lo que quiere decir que literalmente somos ciegos a las posibilidades tecnológicas que conducen a la abundancia.

El número de Dunbar

Hace unos veinte años el antropólogo evolucionista de la Universidad de Oxford Robin Dunbar descubrió otro problema con nuestras perspectivas locales y lineales. Dunbar estaba interesado en el número de relaciones activas interpersonales que la mente humana podía procesar a la vez. Después de examinar tendencias globales e históricas, descubrió que la gente tiende a organizarse en grupos de 150.²³ Esto explica por qué los militares estadounidenses por ejemplo, después de un largo periodo de prueba y error, llegaron a la conclusión de que 150 es el tamaño óptimo para una unidad de combate funcional. De modo similar, cuando Dunbar examinó las pautas del tráfico en las páginas de medios sociales como Facebook²⁴ descubrió que aunque la gente puede tener miles de «amigos», en realidad solo interactúa con 150. A partir de ahí, se dio cuenta de que los seres humanos evolucionan en grupos de 150,²⁵ y este número —conocido como el número de Dunbar— es el límite máximo de relaciones interpersonales que pueden procesar nuestras mentes.

En la sociedad contemporánea —en la que, por ejemplo, la familia nuclear ha sido sustituida por la familia extensa— muy pocos de nosotros realmente mantenemos 150 relaciones. Pero seguimos teniendo esa regla primitiva impresa en nuestra mente, así que rellenamos esas carencias con cualquiera con quien tengamos el mayor «contacto» diario —incluso si ese contacto procede solo de ver a esa persona en televisión—. Los rumores y las habladurías, en sus formas primitivas, contenían una información²⁶ que era fundamental para la supervi-

vencia, porque, en clanes de 150, lo que le pasaba a cualquiera tenía un impacto directo en todos ellos. Pero esto ya no ocurre hoy en día. La razón por la que nos importa tanto lo que le pasa a gente como Lady Gaga no es porque sus historias puedan llegar a tener un impacto en nuestras vidas; más bien es porque nuestra mente no se da cuenta de que hay una diferencia entre las estrellas de rock de las que sabemos cosas y nuestros parientes que conocemos de cerca.

Por sí mismo, este mecanismo evolutivo hace que la televisión sea aún más adictiva (quizá haciéndonos perder un tiempo y una energía que podríamos emplear en mejorar el planeta), pero el número de Dunbar nunca actúa solo. Tampoco actúa en solitario ninguno de los procesos neurológicos que se han tratado en este capítulo. Nuestra mente es un sistema integrado maravilloso, por lo que estos procesos actúan concertadamente—, y la sinfonía no siempre es bonita.

Debido a la función de la amígdala y a la competencia de los medios de comunicación, nuestras ondas están llenas de noticias catastróficas. Dados nuestros sesgos a estar atentos a los peligros y a confiar en las personas con autoridad, nos inclinamos a creérnoslas. Y dado que nuestras mentes son locales y lineales —de las que el número de Dunbar no es sino un ejemplo—, tratamos a esas personas con autoridad como amigos, lo que desencadena el prejuicio excluyente (una tendencia a dar un trato preferente a los que creemos que forman parte de nuestro propio grupo) y hace que confiemos en ellos aún más.

Una vez que empezamos a creer que el apocalipsis está llegando, la amígdala se pone en alerta máxima, ignorando la mayor parte de las cosas que se manifiestan en sentido contrario. Además, cualquier información que no capte nuestra amígdala será captada por nuestro sesgo de confirmación —que ahora busca confirmar nuestra eminente destrucción—. Tomado en su conjunto, el resultado es una población convencida de que el fin está cerca y que no hay nada que hacer al respecto.

Esto plantea un último asunto: ¿cuál es la verdad? Si nuestra mente distorsiona nuestra capacidad de percibir la realidad, entonces ¿qué aspecto tiene realmente esta realidad? Es una pregunta importante. Si de verdad nos dirigimos al desastre, entonces contar con estos sesgos sería una ventaja. Pero aquí es donde las cosas se vuelven aún más extrañas. En el siguiente capítulo veremos cuál es esta realidad.

Olvídate de «El agujero en el que estamos es demasiado profundo para salir de él». Como veremos pronto, en realidad el agujero no es gran cosa.

No es tan malo como piensas

Este pesimismo quejoso

En el capítulo 2 hemos esbozado los objetivos, básicos de la abundancia. Se trataba de un vistazo inicial a la línea de meta, pero el destino no es el viaje. Tener una evaluación precisa de nuestro punto de partida exacto nos ayuda a entender plenamente dónde queremos ir. Si podemos desprendernos de nuestro cinismo, ¿a qué se asemeja realmente nuestro mundo?, ¿cuántos progresos se han hecho y no se han notado?

Matt Ridley ha dedicado las últimas dos décadas a tratar de contestar a estas mismas preguntas. Ridley tiene cincuenta y pocos años, es un inglés alto con el pelo castaño que clarea y una sonrisa fácil. Es un zoólogo educado en Oxford, pero ha pasado la mayor parte de su carrera como escritor de ciencias especializado en los orígenes y evolución del comportamiento. Últimamente, el comportamiento que más ha llamado su atención es una manifestación estrictamente humana: la predilección de nuestra especie por las malas noticias.

«Es increíble», dice, «este pesimismo quejoso,¹ este acto reflejo, la reacción del tipo “las cosas van fatal” procedente de personas que viven entre unos lujos y una seguridad por los que sus antepasados hubieran matado. La tendencia dominante es ver la parte vacía de cada vaso. Es casi como si la gente se aferrara a las malas noticias como si fueran un amuleto». Al tratar de encontrar el sentido de este pesimismo, Ridley, como Kahneman, ve que la raíz del problema es una combinación de sesgos cognitivos que la psicología evolucionista

puede explicar. Señala la aversión a la pérdida –una tendencia de la gente a lamentar una pérdida más de lo que valora una ganancia similar– como el sesgo que tiene más impacto en la abundancia. La aversión a la pérdida es lo que a menudo mantiene a la gente atrapada en la rutina. Es una reticencia a cambiar las malas costumbres por miedo a que el cambio les deje en una posición peor que la anterior. Pero este sesgo no actúa solo. «También pienso que podría haber un componente que la psicología evolutiva podrá explicar», sostiene. «Puede que seamos pesimistas porque los pesimistas lograron evitar ser comidos por los leones en el Pleistoceno».

Sea como sea, Ridley ha llegado a creer que nuestro divorcio de la realidad nos está haciendo daño, y recientemente ha comenzado a contraatacar. «Se ha convertido en un hábito para mí cuestionar esos comentarios negativos. Cada vez que alguien se permite un comentario malhumorado sobre el mundo, trato de darle la vuelta a sus argumentos y, tras examinar los hechos, una y otra vez descubro que están equivocados.»

Esta conversión suya al pensamiento positivo no ocurrió de la noche a la mañana. Como joven periodista científico, Ridley se encontró con cientos de ecologistas que profetizaban fervientemente un futuro mucho más sombrío. Pero hace quince años comenzó a darse cuenta de que no había pruebas en ninguna parte de las fatalidades predichas por estos expertos.

La lluvia ácida fue el primer signo de que los hechos no casaban con la fanfarria. Considerada un tiempo como la más grave amenaza ecológica de nuestro planeta, la lluvia ácida se produce porque la combustión de combustibles fósiles libera dióxido de sulfuro y óxidos de nitrógeno en la atmósfera, provocando un cambio ácido en el pH de las precipitaciones –de ahí su nombre–. Observada por primera vez por el científico inglés Robert Angus Smith en 1852,² la lluvia ácida tardó otro siglo en alcanzar su plenitud, pasando de mera curiosidad científica a presunta catástrofe. Pero para finales de los años setenta la advertencia era clara. En 1982 el ministro de Medio Ambiente de Canadá, John Roberts,³ resumió lo que muchos estaban pensando, al decir en la revista *Time*, «La lluvia ácida es una de las formas de polución más devastadoras que podamos imaginar, una malaria insidiosa para la biosfera».

Por entonces, Ridley estaba de acuerdo con esta opinión. Pero pa-

saron unas pocas décadas, y se dio cuenta de que nada de eso estaba ocurriendo. «No solo los árboles no morían, sino que nunca habían muerto –no lo hacían en porcentajes poco habituales y tampoco por culpa de la lluvia ácida–. Los bosques que se suponía que deberían haber desaparecido completamente estaban más sanos que nunca.»

Sin lugar a dudas, la capacidad de innovación del hombre jugó un papel muy importante en evitar el desastre. En Estados Unidos, estas previsiones catastrofistas produjeron de todo, desde enmiendas a la ley del aire puro hasta la adopción de convertidores catalíticos para los automóviles. Los resultados fueron una reducción⁴ en las emisiones de dióxido de sulfuro desde 26 millones de toneladas en 1980 hasta 11,4 en 2008, y de los óxidos de nitrógeno desde 27 millones de toneladas hasta 16,3 durante el mismo período. Mientras que algunos expertos consideran que los actuales niveles de emisiones de SO₂/NO siguen siendo demasiado altos, siéndolo la realidad es que el apocalipsis ecológico predicho en los años setenta nunca se produjo.

A Ridley esto le pareció extraño. Comenzó a investigar otras profecías sombrías y descubrió una pauta similar. «Las predicciones sobre población y hambruna estaban muy equivocadas», dice, «mientras que las epidemias nunca eran tan malas como se suponía que iban a ser. Las tasas de cáncer ajustadas a la edad, por ejemplo, están cayendo, y no aumentando. Además, me di cuenta de que a la gente que señalaba estos hechos se les criticaba mucho, pero no se les refutaba».

Todo ello le llevó a hacerse otra pregunta: si las predicciones realmente negativas no se estaban cumpliendo, ¿qué pasaba con la veracidad de creencias habituales, como la idea de que el mundo está empeorando? Para intentar comprenderlo, Ridley comenzó a examinar las tendencias de hechos básicos a escala global: económicos y tecnológicos; esperanza de vida y salud; y una serie de preocupaciones medioambientales. El resultado de su esfuerzo se convirtió en la columna vertebral de su libro de 2010 *El optimista racional*, una obra en la que explica por qué el optimismo, en lugar del pesimismo, es la postura filosófica con más posibilidades de ofrecer un mañana más prometedor para nuestra especie. Su argumento se basa en un hecho obvio pero a menudo ignorado: el tiempo es un recurso. De hecho, el tiempo siempre ha sido nuestro recurso más preciado, y esto tiene consecuencias importantes respecto a cómo accedemos al progreso.

Tiempo ahorrado y vidas salvadas

Para todos nosotros el día tiene las mismas veinticuatro horas. El cómo utilicemos esas horas determina la calidad de nuestras vidas. Hacemos todo lo posible para gestionar nuestro tiempo, para ahorrarlo, para sacar más provecho de él. En el pasado, simplemente cubrir nuestras necesidades básicas ocupaba la mayor parte de nuestras horas. Actualmente, para una porción muy amplia del mundo las cosas no han cambiado mucho. Una campesina del Malawi moderno⁵ invierte el 35 por ciento de su tiempo cultivando, el 33 por ciento cocinando y limpiando, el 17 por ciento buscando agua potable y el 5 por ciento recogiendo leña. Esto le deja solamente un 10 por ciento del tiempo para cualquier otra cosa, incluyendo encontrar el empleo remunerado que necesitaría para escapar a esta rutina. Debido a todo esto, Ridley considera que la mejor definición de prosperidad es simplemente «tiempo ganado». «Olvídate de los dólares, el cauri o el oro»,⁶ dice. «La verdadera medida del valor de una cosa son las horas que cuesta adquirirla».

Así que, ¿cómo se ha organizado la gente para ahorrar tiempo a lo largo de los años? Bueno, hemos intentado la esclavitud –tanto humana como animal–, y eso funcionó bien hasta que desarrollamos una conciencia. También aprendimos a aumentar nuestra fuerza muscular con más fuerzas de la naturaleza: fuego, viento y agua, más tarde gas natural, petróleo y átomos. Y en cada paso de este camino, no solo hemos desarrollado más potencia, sino que también hemos ahorrado más tiempo.

La luz es un ejemplo fabuloso,⁷ En Inglaterra, la luz artificial era 20.000 veces más cara hacia el año 1300 que actualmente. Pero cuando Ridley amplió la ecuación y examinó cómo la cantidad de luz que se compra con una hora de trabajo (con un sueldo medio) ha cambiado a lo largo de los años, los ahorros son incluso mayores:

Hoy en día una hora de la luz te costará menos de medio segundo de tu tiempo de trabajo si cobras un sueldo medio. Si hubieras utilizado una lámpara de queroseno en la década de 1880, tendrías que haber trabajado durante quince minutos para conseguir la misma cantidad de luz. Una vela de sebo en el siglo XIX: más de seis horas de trabajo. Y conseguir esa cantidad de luz de una lám-

para de aceite de sésamo en Babilonia, en 1750 a. C. te hubiera costado más de cincuenta horas de trabajo.

Dicho de otro modo, si comparas el coste actual de la luz con el coste del aceite de sésamo utilizado en 1750 a. C., te encontrarás con una diferencia de ahorro de tiempo de 350.000 veces, y esto solo cubre los ahorros de tiempo. Dado que los que ahora tenemos electricidad no podemos derramar una lámpara de petróleo y prender fuego a la casa, ni padecemos enfermedades respiratorias causadas por respirar el humo de una vela, hemos ganado además esas horas que antiguamente perdíamos por culpa de la mala salud y por tener que reconstruir nuestra casa. El transporte presenta, lo largo de los años, un ahorro de tiempo aún mayor. Durante millones de años, solo íbamos donde nos podían llevar nuestros pies. Hace seis mil años domesticamos el caballo⁸; una inmensa mejora, sin lugar a dudas, pero los equinos no tienen nada que ver con los aviones. En el siglo XIX, ir de Boston a Chicago en diligencia⁹ suponía dos semanas y un mes de sueldo. Hoy en día requiere dos horas y el sueldo de un día. Pero cuando se trata de cruzar océanos, entonces el caballo no es de mucha utilidad, y nuestros primeros barcos no eran exactamente modelos de eficiencia. En 1947 el aventurero noruego Thor Heyerdahl pasó 101 días navegando¹⁰ en la balsa *Kon-Tiki* desde Perú hasta Hawai. En un 747 se emplean quince horas –un ahorro de cien días que tiene el añadido de disminuir exponencialmente las posibilidades de morir en el camino.

El tiempo ahorrado no es la única mejora de la calidad de vida que habitualmente se ignora. De hecho, como explica Ridley, aparecen mejoras en casi todos los lugares en los que miremos.¹¹

Algunos de los miles de millones de personas que viven hoy en día siguen haciéndolo en una miseria y necesidad incluso mayor de en la que estaban unos cuantos meses o años antes. Pero la inmensa mayoría de la gente está mucho mejor alimentada, protegida, mantenida, salvaguardada de las enfermedades y tienen más posibilidades de llegar a la vejez que sus antepasados en cualquier momento de la historia. La disponibilidad de casi cualquier cosa que pueda querer una persona ha mejorado enormemente

en los últimos doscientos años y de manera más errática durante los diez mil años anteriores: años de mejora en la esperanza de vida, disponibilidad de agua potable, de aire limpio, de horas de intimidad, de medios de viajar más rápidos de lo que uno puede correr, de formas de comunicación que van más allá de lo que uno puede conseguir gritando. Incluso si contamos los cientos de millones que siguen viviendo en una pobreza abyecta, con sus enfermedades y necesidades básicas sin resolver, esta generación de seres humanos tiene acceso a más calorías, vatios, lúmenes-hora, metros cuadrados, gigabits, megahercios, años luz, nanómetros, fanegas por hectárea, kilómetros por litro, alimentos, millas aéreas, y, por supuesto, dólares, que ninguna anterior.

Lo que quiere decir todo esto es que si tus argumentos contra la abundancia se basan en defender que «el agujero en el que estamos metidos es demasiado profundo para salir de él», entonces deberías cambiar de estrategia. Pero si la acusación tan familiar contra la abundancia no puede basarse en hechos, entonces, ¿qué pasa con esta otra crítica habitual: la creciente distancia entre ricos y pobres?

Tampoco esto es el problema que muchos sospechan. Tomemos la India. El 1 de agosto de 2010, el Consejo Nacional de Investigación Económica Aplicada de la India¹² estimó que el número de hogares con ingresos altos en el país (46,7 millones) actualmente es superior al de ingresos bajos (41 millones) por primera vez en la historia. Además, la distancia entre los dos extremos se está reduciendo rápidamente. En 1995 la India tenía 4,5 millones de hogares de clase media. En 2009 este número se había elevado a 29,4 millones, y lo que es aún mejor, la tendencia se está acelerando. Según el Banco Mundial, el número de personas que vive con menos de un dólar al día¹³ se ha reducido más de la mitad hasta por debajo del 18 por ciento de la población mundial. Sí, sigue habiendo miles de millones que viven en una indigencia angustiosa, pero si se mantiene el nivel actual de disminución,¹⁴ Ridley calcula que el número de personas en el mundo que vivirán en la «pobreza absoluta» llegará a cero en 2035.

Quizá la caída de la pobreza no sea tan rápida, pero hay otras cifras que considerar. Hay que examinar la disponibilidad de bienes y servicios, que, como es sabido, son dos categorías que impactan de manera considerable en la calidad de vida de la gente. También aquí

ha habido mejoras increíbles. Entre 1980 y 2000, el índice de consumo¹⁵ –medida de los bienes utilizados por una sociedad– aumentó en los países en vías de desarrollo al doble de velocidad que en el resto del planeta. Dado que el tamaño de la población, su salud y longevidad se ven afectados por el consumo, estas cifras también mejoraron. Comparado con hace cincuenta años, hoy en día los chinos son diez veces más ricos, tienen un tercio menos de niños y viven veintiocho años más. En ese mismo intervalo de medio siglo, los nigerianos son el doble de ricos, con un 25 por ciento menos de niños y un aumento de nueve años en su esperanza de vida. En total, y según Naciones Unidas, la pobreza se ha reducido más en los últimos cincuenta años que en los quinientos años anteriores.

Además, es una apuesta bastante segura decir que estos índices no volverán a subir. «Una vez que la mejora en la posición de las clases bajas toma velocidad»,¹⁶ escribió el economista Friedrich Hayek en su libro de 1960, *Los fundamentos de la libertad*, «proveer a los ricos deja de ser la fuente principal de beneficios y ello da lugar a unos esfuerzos cada vez más orientados hacia las necesidades de las masas. Esas fuerzas que, inicialmente, hicieron que la desigualdad aumentara, de este modo tienden a disminuirla».

Esto es exactamente lo que está pasando en África hoy en día: las clases bajas están tomando velocidad y ganando independencia. Por ejemplo, la difusión de los móviles está facilitando las microfinanzas, y las micro finanzas están promoviendo la difusión de los móviles, y ambas están creando mayores oportunidades interclasistas (lo que significa menos puestos de trabajos que dependan directamente de los ricos) y una mayor prosperidad para todos los implicados.

Más allá de las cifras económicas, tanto la libertad política como los derechos civiles también han mejorado sustancialmente¹⁷ en los últimos siglos. Por ejemplo, la esclavitud ha pasado de ser una práctica global a estar prohibida en todas partes.¹⁸ Un cambio similar se ha producido en la consagración de los derechos humanos en las constituciones del mundo y la difusión de la democracia. Hay que reconocer que en demasiados sitios estos derechos y esta democracia son más una fachada que una experiencia diaria, pero en menos de un siglo han adquirido tal prominencia que las encuestas globales han descubierto que la democracia es la forma de gobierno preferida¹⁹ por más del 80 por ciento de la población mundial.

Quizá las mejores noticias sean lo que el psicólogo evolucionista de Harvard Steven Pinker descubrió²⁰ cuando comenzó a analizar la evolución de la violencia a escala global. En su ensayo *Una historia de la violencia: cada día nos estamos volviendo más amables*, escribe:

La crueldad como entretenimiento, el sacrificio humano para satisfacer las supersticiones, la esclavitud como mecanismo para ahorrar trabajo, la conquista como la misión de los gobiernos, el genocidio como un medio de adquirir tierras, la tortura y la mutilación como castigos rutinarios, la pena de muerte para castigar delitos menores y diferencias de opinión, el asesinato como mecanismo de sucesión política, la violación como botín de guerra, los pogromos como válvula de escape de las frustraciones, el homicidio como manera principal de resolver los conflictos –todos ellos fueron rasgos habituales de la vida durante la mayor parte de la historia–. Pero, hoy en día, son excepcionales o inexistentes en Occidente, mucho menos habituales de lo que solían serlo en el resto del mundo, se ocultan cuando suceden, y se condenan ampliamente cuando salen a la luz.

Lo que significa todo esto es que, durante los últimos pocos cientos de años, los humanos hemos recorrido un considerable camino. Vivimos más tiempo, somos más ricos, estamos más sanos, tenemos vidas más seguras. Hemos aumentado de forma masiva el acceso a bienes, servicios, transporte, información, educación, medicinas, medios de comunicación, derechos humanos, instituciones democráticas, viviendas sólidas, etc. Pero esta no es toda la historia. Para este debate es tan importante el progreso que hemos realizado como las razones por las que hemos progresado tanto.

Progreso acumulativo

Los humanos compartimos el conocimiento. Intercambiamos ideas e información. En *El optimista racional*, Ridley vincula este proceso al sexo,²¹ y su comparación es más que una simple metáfora florida. El sexo es un intercambio de información genética, una polinización cruzada que hace que la evolución biológica sea acumulativa. Las

ideas también siguen esta trayectoria. Se encuentran, se aparean y mutan. Llamamos a este proceso aprendizaje, ciencia, invención, pero, sea cual sea el término, es exactamente lo que Isaac Newton quería expresar cuando escribió: «Si he visto más lejos es porque estoy montado a hombros de gigantes».²²

El intercambio es el principio, no el final de este camino. Conforme se generaliza el intercambio, el comercio, se llega a la especialización. Si eres el nuevo herrero que acaba de llegar al pueblo, y te ves obligado a competir con otros cinco herreros que ya están instalados, solo hay dos maneras de tener éxito. Una es trabajar como un loco y perfeccionar tus habilidades convirtiéndote en el mejor herrero de todos. Pero esta es una opción arriesgada. Vas a necesitar ser lo suficientemente buen herrero como para superar los vínculos de amistad y nepotismo que benefician a los herreros ya instalados, porque, en un pueblo pequeño, la mayoría de tus clientes son amigos íntimos o familiares. Desgraciadamente para ti, la evolución moldeó esos vínculos de manera muy sólida. Pero si desarrollas una tecnología nueva –una herradura ligeramente mejor o un proceso de herraje más rápido–, ayudarás a que la gente mire más allá de sus redes sociales.

Ridley opina que este proceso crea un bucle de retroalimentación con resultados positivos:²³ «La especialización estimuló la innovación, porque estimuló la inversión de tiempo en una herramienta para hacer herramientas. Eso ahorro de tiempo, y la prosperidad es simplemente tiempo ahorrado, es proporcional a la división del trabajo. Cuanto más se diversificaron los seres humanos como consumidores y se especializaron como productores, y cuanto más intercambiaron, estuvieron, están y estarán mejor».

Para un ejemplo concreto volvamos al viaje en barco de Thor Heyerdahl entre Perú y Hawái. Digamos que quieres realizar ese mismo viaje hoy. Lo que no tienes que hacer es caminar hasta el bosque, cortar un árbol, pasarte días manteniendo un fuego de combustión lenta que te ayude a vaciar ese árbol, trabajar durante semanas cincelando el árbol para convertirlo en un barco que pueda navegar, pasar el tiempo que sea necesario para arrastrar el barco hasta la playa, conseguir agua potable, carne o suficiente sal para conservar esa carne o hacer cualquiera de las demás tareas que deben preceder un viaje hasta Hawái. En vez de eso, y dado que la especialización ya se ha ocupado de esos pasos intermedios, vas a una página web y sacas

un billete. Eso es todo. El resultado es una gran mejora de tu calidad de vida.

La cultura es la habilidad de almacenar, intercambiar y mejorar las ideas. Este enorme sistema cooperativo siempre ha sido uno de los mayores motores de la abundancia. Cuando las buenas ideas de tu abuelo pueden ser mejoradas por las buenas ideas de tus nietos, entonces esa máquina está funcionando. La prueba es la enorme recompensa fruto de la innovación acumulada producida por la especialización y el intercambio. «Una amplia proporción de nuestro alto nivel de vida actual²⁴ deriva no simplemente de nuestra capacidad de fabricar de forma más barata y productiva los bienes de 1800», escribe J. Bradford DeLong, un economista de la Universidad de California en Berkeley, «sino de nuestra capacidad de fabricar toda una serie de nuevos tipos de productos, algunos de los cuales permiten cubrir mucho mejor que teníamos en 1800, y otros satisfacer unas necesidades que entonces eran inimaginables».

Actualmente tenemos millones de opciones que nos ahorran tiempo y que nuestros antepasados ni siquiera podían imaginar. Mis antepasados no podían concebir un restaurante especializado en ensaladas porque no podían imaginarse una red global de transporte capaz de suministrar judías verdes de Oregón, manzanas de Polonia y anacardos de Vietnam, que luego nos servirían juntos en la misma comida.

«Este es el rasgo característico de la vida moderna»,²⁵ escribe Ridley, «la auténtica definición de un alto nivel de vida: consumo diverso, producción simplificada. Haz una cosa y usa muchas. Por el contrario, el campesino o el cazador autosuficientes que nos precedieron se definen por producir muchas cosas y consumir pocas. No hacen una sola cosa, sino muchas: su vivienda, su ropa, su entretenimiento. Dado que solo consumen lo que producen, no pueden consumir mucho. No están hechos para ellos el aguacate, Tarantino o Manolo Blahnik. Ellos son su propia marca».

Pero la mejor noticia de todo esto es que recientemente nos hemos especializado lo suficiente como para que podamos comerciar con un tipo de bien completamente diferente. Cuando la gente dice que tenemos una economía basada en la información, lo que realmente quiere decir es que lo que hemos resuelto es cómo intercambiar información. La información es nuestra mercancía más reciente

y brillante. «En un mundo de bienes materiales y de intercambio de cosas, el comercio es un juego de suma cero»,²⁶ dice el inventor Dean Kamen. «Yo tengo un trozo de oro y tú tienes un reloj. Si los intercambiamos, entonces yo tendré un reloj y tú tendrás un trozo de oro. Pero si tú tienes una idea y yo tengo una idea, y las intercambiamos, entonces los dos tendremos dos ideas. El juego no es de suma cero».

Las mejores estadísticas que hayas visto nunca

Hans Rosling tiene sesenta y pocos años,²⁷ lleva gafas con montura de alambre, siente inclinación por los trajes de *tweed* con parches en las coderas, y posee más energía que la mayoría de nosotros. Comenzó como médico en el África rural, donde pasó años siguiéndole la pista al konzo –una enfermedad epidémica que causa parálisis y para la que acabó encontrando cura–. Después Rosling fue cofundador del capítulo sueco de Médicos sin Fronteras, se convirtió en profesor de salud internacional en una de las mejores facultades de medicina del mundo, el Instituto Sueco Karolinska, y escribió uno de los manuales más ambiciosos de la historia sobre salud global (examinando la salud de los 6.500 millones de personas del planeta).

La investigación que tuvo que realizar para escribir su manual llevó a Rosling a las entrañas de los archivos de la ONU, donde resmas de datos sobre tasas globales de pobreza, fertilidad, esperanza de vida, distribución y acumulación de la riqueza y demás habían sido cuidadosamente disimuladas como series de números en oscuras hojas de cálculo. Rosling no solo se apoderó de estos datos, sino que también descubrió una nueva manera de visualizarlos, transformando algunos de los secretos mejor guardados del mundo en una presentación increíble.

La primera vez que me fijé en él fue la primera vez que la mayoría de la gente lo hizo: en la conferencia TED (Technology, Entertainment and Design) de 2006 en Monterrey (California). Su presentación –conocida ahora como «Las mejores estadísticas que hayas visto jamás»– comenzó con él en escena, con una pantalla del tamaño de la de un cine detrás de él y un gráfico gigante llenándola. El eje horizontal del gráfico estaba dedicado a las tasas de fertilidad nacionales, mientras que el vertical mostraba las esperanzas de vida nacionales.

En el gráfico aparecían círculos de distintos colores y tamaños. Los colores representaban continentes, los círculos eran naciones. El tamaño del círculo era proporcional al de la población del país, mientras que su posición en el gráfico representaba una combinación del tamaño medio de la familia y de la esperanza de vida media de un año dado. Cuando Rosling empezó su charla, un gran «1962» atravesó la pantalla.

«En 1962», dijo, apuntando a la esquina superior derecha de la pantalla, «había un grupo de países –las naciones industrializadas– que tenían familias pequeñas y vidas largas». A continuación, dirigiendo su atención a la esquina inferior izquierda: «Y aquí están los países en vías de desarrollo, que tenían grandes familias y vidas relativamente cortas».

Esta brutal visualización de la diferencia, en 1962, entre los ricos y los pobres era sorprendente, pero no duró mucho. Con el clic de un ratón el gráfico empezó a moverse. Los datos cambiaron –1963, 1964, 1965, 1966– aproximadamente un año por cada segundo. Conforme avanzaba el tiempo, los puntos comenzaron a saltar por la pantalla, sus movimientos siguiendo la evolución de los datos de la ONU. Rosling saltaba con ellos. «¿Podéis ver esto?, es China moviéndose hacia la izquierda conforme mejora la salud de su población. Todos los verdes países de América Latina se mueven hacia familias más pequeñas, y los amarillos países árabes se vuelven más ricos y viven más tiempo.» Los años fueron pasando, y el progreso era evidente. Al llegar a 2000, excluyendo los países africanos afectados por guerras civiles y el sida, la mayoría de los países se agrupaban en la esquina superior derecha, hacia un mundo mejor de vidas más largas y familias más pequeñas.

Apareció a continuación un nuevo gráfico en la pantalla. «Ahora miremos la distribución mundial de los ingresos». En el eje horizontal había una escala logarítmica de PIB per cápita (el ingreso medio por persona y año); en el eje vertical izquierdo aparecía la tasa de supervivencia infantil. Una vez más el reloj comenzó en 1962. En el extremo inferior izquierdo estaba Sierra Leona, con una tasa de supervivencia infantil de apenas el 70 por ciento y un ingreso medio de quinientos dólares al año. Justo por encima estaba el círculo más grande, China, económicamente pobre y con una pobre salud. De nuevo, Rosling clicó su ratón, y su gráfico se fue moviendo hacia delante en el tiempo. China avanzó hacia arriba y después hacia la

derecha. «Esto es Mao Tse-tung», dijo, «llevando la salud a China. Aquí murió... y Deng Xiaoping llevó el dinero a China».

China era solamente una parte del cuadro. La mayoría del mundo seguía la misma evolución, siendo el resultado final una densa agregación de países en la esquina superior derecha, con una cola pixelada de pequeños puntos arrastrándose hacia abajo y hacia la izquierda. Era una representación gráfica de la distancia entre ricos y pobres, pero, incluso con esa cola, no había tanta distancia. En una presentación actualizada de 2010,²⁸ Rosling resumió sus descubrimientos de este modo: «A pesar de las actuales disparidades, hemos visto doscientos años de un enorme progreso. Esa inmensa distancia entre Occidente y el resto se está cerrando. Nos hemos convertido en un mundo nuevo y convergente. Y veo una clara tendencia en el futuro. Con ayuda, comercio, tecnología verde y paz es perfectamente posible que todo el mundo pueda llegar a la esquina saludable y rica».

Así pues, ¿qué significa todo esto? Si Rosling acierta en su predicción de que la distancia entre ricos y pobres va a ser cosa del pasado, y si Ridley tiene razón en que el agujero en el que estamos no es muy profundo, entonces la única queja posible contra la abundancia es que el ritmo de progreso tecnológico actual sea demasiado lento para evitar los desastres a los que nos enfrentamos. Pero ¿qué pasaría si esto fuera un tipo de problema de distinta visualización, uno que no fuese tan fácil de resolver con las teorías de Ridley y los gráficos animados de Rosling? ¿Qué pasaría si el problema no fuese el ritmo de nuestro progreso; si, como veremos pronto, fuera la incapacidad de nuestra mente lineal para comprender el ritmo actual de nuestro progreso exponencial?

Segunda parte

Tecnologías exponenciales

Ray Kurzweil y el botón para ir rápido

Mejor que tu arúspice promedio

Si quieres saber si el progreso tecnológico se está acelerando lo suficientemente rápido como para traer una era de abundancia global, tienes que saber cómo predecir el futuro. Por supuesto, este es un arte antiguo. Los romanos, por ejemplo, utilizaban un arúspice¹ –un hombre adiestrado para adivinar el futuro leyendo las vísceras de una oveja destripada–. Hoy en día hemos mejorado algo el proceso. De hecho, cuando se trata de predecir las nuevas tendencias tecnológicas, casi lo hacemos científicamente. Y quizá nadie sea tan bueno en esta ciencia como Ray Kurzweil.

Kurzweil nació en 1948 y no tardó en tratar de ser un pronosticador de la tecnología,² aunque no empezó como la mayoría. A los cinco años quería ser inventor, pero no uno cualquiera. Sus padres, ambos judíos seculares, se habían marchado de Austria con destino a Nueva York, para huir de Hitler. Creció escuchando historias sobre los horrores de los nazis, pero también oyó otras historias. A su abuelo materno le encantaba hablar de su primer viaje de vuelta a la Europa de posguerra y la increíble oportunidad que le habían dado de tener entre sus manos los escritos originales de Leonardo da Vinci –una experiencia que siempre describió en términos reverenciales–. De estos relatos, Kurzweil aprendió que todas las ideas humanas son poderosas. Las ideas de Da Vinci simbolizaban el po-

der de la invención para trascender las limitaciones humanas. Las ideas de Hitler mostraron el poder de la destrucción. «Así que desde una edad temprana», dice Kurzweil, «di una enorme importancia a buscar aquellas ideas que encarnaran lo mejor de nuestros valores humanos».

Con ocho años, Kurzweil tuvo aún más pruebas de que estaba en el buen camino. Ese año descubrió los libros de Tom Swift Jr. Las tramas de esta serie eran básicamente las mismas: Swift descubría una situación que amenazaba el destino del mundo, después se retiraba a su laboratorio en el sótano de su casa para estrujarse las neuronas. Al final se hacía la luz, encontraba alguna solución eficaz y emergía el héroe. La moraleja de la historia estaba clara: las ideas, unidas a la tecnología, podían solucionar todos los problemas del mundo.

Desde entonces Kurzweil ha cumplido su objetivo. Ha inventado docenas de maravillas: el primer escáner plano con dispositivo de carga acoplada (CCD por sus siglas en inglés) del mundo; el primer sintetizador de texto a voz; la primera máquina para leer dirigida a las personas ciegas; y muchas más cosas. En total, actualmente tiene 39 patentes, 63 aplicaciones de patentes, y 12 doctorados honoris causa; fue admitido en el Salón de la Fama de los Inventores Nacionales (sí, realmente existe un Salón de la Fama de los Inventores, en Akron, Ohio); y recibió la Medalla Nacional de la Tecnología y el prestigioso premio Lemelson-MIT, dotado con 500.000 dólares, y que reconoce la trayectoria de «individuos que traducen sus ideas en inventos e innovaciones que mejoran el mundo en el que vivimos».

Pero no fueron solo sus inventos los que hicieron famoso a Ray Kurzweil; es la razón por la que los realizó la que puede ser su mayor contribución, aunque explicar esto lleve algo más de tiempo.

Una curva en un trozo de papel

A principios de los años cincuenta los científicos empezaron a sospechar que podía haber pautas ocultas en la tasa de cambio³ de la tecnología y que al sacar a la luz esas pautas, serían capaces de predecir el futuro. Uno de los primeros intentos oficiales de hacer precisamente esto fue el estudio de 1953 de la Fuerza Aérea de los Estados

Unidos, que estableció el progreso acelerado de los vuelos desde los hermanos Wright en adelante. Al construir ese gráfico y extrapolarlo al futuro, la Fuerza Aérea llegó a lo que entonces fue una conclusión sorprendente: pronto debería ser posible un viaje a la Luna.

En *What Technology Wants*, Kevin Kelly lo explica con más detalle:

Es importante recordar que en 1953 no existía ninguna de las tecnologías para ese viaje futurista. Nadie sabía cómo ir tan rápido y sobrevivir. Incluso los más optimistas visionarios no esperaban que se produjera un alunizaje antes del proverbial «Año 2000». La única voz que les decía que podían hacerlo era una curva en un trozo de papel. Pero la curva era acertada. Solo que no era políticamente correcta. En 1957, la URSS lanzó el *Sputnik*, justo según los plazos previstos. Después los cohetes de Estados Unidos volaron a la Luna doce años después. Como [Damien] Broderick señala, los humanos llegaron a la Luna «cerca de un tercio de siglo antes de lo que aficionados chiflados por los viajes espaciales, como Arthur C. Clarke, habían esperado que ocurriera».

En torno a una década después de que la Fuerza Aérea concluyese este estudio, un hombre llamado Gordon Moore descubrió lo que pronto se convertiría en la más famosa de las tendencias tecnológicas.⁴ En 1965, mientras trabajaba en Fairchild Semiconductor (y antes de cofundar Intel), Moore publicó un artículo titulado «Llenando los circuitos integrados con más componentes», en el que observó que el número de componentes en el circuito integrado del chip de un ordenador se había duplicado cada año desde la invención del circuito integrado en 1958. Moore predijo que la tendencia continuaría «al menos durante diez años». Estaba en lo cierto. La tendencia continuó diez años, y después otros diez, y aún diez más. En total, esta predicción se ha mantenido durante cinco décadas, convirtiéndose en tan duradera que ha llegado a ser conocida como la ley de Moore, y hoy en día se usa en la industria de los semiconductores como guía para planificar el futuro.

La ley de Moore establece que cada dieciocho meses, el número de transistores en un circuito integrado se duplica, lo que básicamente significa que, cada dieciocho meses, los ordenadores van el doble de rápido por el mismo precio. En 1975 Moore, alteró su formula-

ción,⁵ diciendo que tal duplicación sería cada dos años; sea como sea, sigue describiendo una pauta de crecimiento exponencial.

Como ya se ha mencionado, el crecimiento exponencial es solo una simple multiplicación por 2: 1 se convierte en 2, 2 en 4, 4 en 8, pero, dado que la mayoría de las curvas exponenciales comienza muy por debajo de 1, el crecimiento inicial casi siempre es imperceptible. Cuando duplicas 0,0001 a 0,0002 y a 0,0008 en un gráfico, todos esos puntos se parecen a cero. De hecho, a ese ritmo, la curva permanece por debajo de 1 durante un total de trece duplicaciones. Para la mayoría de la gente simplemente es como una línea horizontal. Pero solo siete duplicaciones después esa misma línea se ha disparado por encima de cien. Y es este tipo de explosión, desde lo exiguo a lo enorme y casi de la noche a la mañana, lo que hace que el crecimiento exponencial sea tan poderoso. Pero con nuestras mentes locales y lineales, también es la razón por la que tal crecimiento puede ser tan desesperado.

Para ver cómo esta misma pauta se comprueba en la evolución de la tecnología, examinemos el Portátil Osborne Executive,⁶ un ordenador vanguardista lanzado en 1982. Este aparato impresionante pesaba alrededor de trece kilos y costaba algo más de 2.500 dólares. Ahora compáralo con el primer iPhone,⁷ lanzado en 2007, que pesaba una centésima parte, con un décimo de su coste, mientras que tenía 150 veces la velocidad de procesamiento y más de 100.000 veces la memoria del anterior. Dejando de lado el universo de aplicaciones de software y la conectividad inalámbrica que sitúa al iPhone a años luz por delante de los PC, si solo tuvieras que medir la diferencia en términos de «dólares por gramo y por capacidad de cálculo», el iPhone tiene un rendimiento en función del precio 150.000 veces superior al Osborne Executive.

El asombroso aumento de la capacidad, velocidad y memoria de los ordenadores, unido a la simultánea caída tanto en precio como en tamaño, es un cambio exponencial en marcha. A principios de los años ochenta, los científicos estaban comenzando a sospechar que esta evolución no ocurría solo en el tamaño de los transistores, sino también en un abanico de tecnologías basadas en la información —es decir, cualquier tecnología, como un ordenador, que se utiliza para recibir, almacenar, procesar, recuperar y transmitir información digital.

Y aquí es donde Kurzweil vuelve en nuestra historia.⁸ En los años ochenta se dio cuenta de que los inventos basados en las tecnologías del momento estarían anticuados cuando llegasen al mercado. Para ser realmente exitoso necesitaba prever dónde estaría la tecnología entre tres y cinco años después y basar sus diseños en eso. Así que Kurzweil se convirtió en un estudioso de las tendencias tecnológicas. Comenzó trazando sus propias curvas de crecimiento exponencial, tratando de descubrir hasta qué punto la ley de Moore era de aplicación general.

Y ha resultado ser de aplicación bastante general.

Google en el cerebro

Kurzweil descubrió docenas de tecnologías que tenían un crecimiento exponencial:⁹ por ejemplo, la expansión de las líneas telefónicas en Estados Unidos, la cantidad de tráfico de datos en Internet en un año y los bits por dólar de almacenamiento de datos magnéticos. Además, no solo observó que esas tecnologías basadas en la información estaban creciendo exponencialmente, sino que lo hacían con independencia del resto de las cosas que pasaban en el mundo. Tomemos la velocidad de procesamiento de los ordenadores. Durante el siglo pasado, su crecimiento exponencial ha permanecido constante —a pesar de la brusca imposición de un cierto número de guerras mundiales, depresiones globales y una gran cantidad de otras cuestiones.

En su primer libro, de 1988, *The Age of Intelligent Machines*, Kurzweil¹⁰ utilizó sus gráficos de crecimiento exponencial para realizar una serie de predicciones sobre el futuro.¹¹ Sin duda, inventores e intelectuales siempre están haciendo predicciones, pero las suyas resultaron increíblemente precisas: pronosticó la desaparición de la Unión Soviética, que un ordenador ganaría el campeonato del mundo de ajedrez, el ascenso de armas inteligentes e informatizadas en la guerra, los coches autónomos y, quizá la más famosa, Internet. En su continuación de 1999,¹² *La era de las máquinas espirituales: Cuando los ordenadores superan la inteligencia humana*, Kurzweil extendió su diseño profético a los años 2009, 2019, 2029 y 2099. La precisión de la mayoría de estas predicciones no se sabrá durante bastante tiempo, pero de las 108 profecías hechas para 2009, 89 se cumplieron com-

pletamente y otras 13 estuvieron a punto, proporcionando a Kurzweil un récord como adivino que no ha sido igualado en la historia del futurismo.

En su siguiente libro, *The Singularity Is Near*, Kurzweil y un equipo de diez investigadores pasaron casi una década determinando el futuro exponencial de docenas de tecnologías, mientras que trataban de entender los efectos de tanto progreso en la humanidad. Los resultados son sorprendentes y controvertidos. Para explicar por qué, volvamos al futuro del poder de la informática.

Hoy en día un ordenador medio de gama baja hace cálculos¹³ a aproximadamente 10^{11} , o 100.000 millones, de cálculos por segundo. Los científicos calculan que¹⁴ para distinguir al abuelo de la abuela o el sonido de los cascos de un caballo del de la lluvia se necesita que el cerebro calcule a velocidades de unos 10^{16} ciclos por segundo, o 10.000 billones de cálculos por segundo. Usando estas cifras como punto de partida y proyectándolas hacia el futuro utilizando la ley de Moore, el portátil medio de mil dólares debería poder realizar cálculos a la velocidad de la mente humana en menos de quince años. Si avanzamos otros veintitrés años, el portátil medio de 1.000 dólares estará realizando cien billones de billones (10^{26}) de cálculos por segundo –que sería equivalente a todos los cerebros de la humanidad entera.

Esta es la parte controvertida: conforme nuestros ordenadores cada vez más rápidos nos ayuden a diseñar mejores tecnologías, los humanos empezaremos a utilizarlas en nuestros propios cuerpos: como *neuroprótesis* para aumentar nuestra capacidad cognoscitiva; *nanobots* para reparar los estragos de las enfermedades; corazones biónicos para posponer la decrepitud. En el libro de Steven Levy, *In the Plex: How Google Thinks, Works, and Shapes Our Lives*, el cofundador de Google, Larry Page, describe el futuro de la investigación en términos similares:¹⁵ «Esto [Google] se incorporará al cerebro de la gente. Cuando pienses en algo de lo que no sabes mucho, obtendrás la información automáticamente.» Kurzweil se congratula de esta posibilidad. Otros no se sienten cómodos con una situación de este tipo, y piensan que sería el momento en que dejaríamos de ser «nosotros» y empezaríamos a convertirnos en «ellos», aunque esto puede que no venga al caso.

Lo importante aquí es la increíble presencia de unas tecnologías que crecen exponencialmente y el asombroso potencial que tienen

para mejorar el nivel de vida del hombre. Claro que un futuro a largo plazo en el que tengamos acceso a la inteligencia artificial en nuestros cerebros suena fantástico (al menos a mí), pero ¿qué pasa en el corto plazo cuando la inteligencia artificial sirva para diagnosticar enfermedades, ayudar a educar a nuestros hijos o supervisar una red inteligente de energía? Las posibilidades son inmensas. Pero ¿cuánto de inmensas?

En 2007 me di cuenta de que si queríamos empezar a utilizar de manera estratégica la tecnología exponencialmente creciente para mejorar los niveles de vida globales, no era suficiente saber qué campos se estaban acelerando exponencialmente; también necesitábamos saber dónde se solapaban y cómo podían trabajar juntos. Se necesitaba una perspectiva general macroscópica. Pero en 2007 no había ninguna disponible. No había ninguna universidad en el mundo que ofreciese un currículum integrado y centrado en tecnologías exponencialmente crecientes. Quizá había llegado el momento para un nuevo tipo de universidad, una que fuese apropiada para un futuro de rápido cambio tecnológico y que, a la vez, estuviese directamente centrada en resolver los grandes desafíos del mundo.

La universidad de la singularidad

Las primeras universidades estaban dedicadas a la enseñanza religiosa.¹⁶ La primera de ellas fue una escuela budista creada en el siglo v en la India. Esta práctica continuó a lo largo de la Edad Media, cuando la Iglesia católica era responsable de muchas de las mejores universidades de Europa.¹⁷ Los fundamentos de la fe pueden haber cambiado, pero el núcleo metodológico de la universidad no. En la universidad se aprendían hechos. Este énfasis en la memorización duró más de un milenio, hasta que cambió en el siglo xix, cuando el objetivo pasó a ser el estímulo del pensamiento productivo. Quitando o poniendo algunos detalles, ésta es la situación actual.

Pero ¿están preparadas las instituciones académicas actuales para hacer frente a los grandes desafíos del mundo? El título de doctor se ha convertido en el reino de la ultraespecialización. Una tesis doctoral típica se centra en un tema tan absurdamente oscuro que pocos puede descifrar su título o hablar de su contenido. Mientras que tal

estrechez extrema es importante para la especialización –que, como señaló Ridley, tiene un enorme lado bueno–, también ha creado un mundo en el que las mejores universidades rara vez producen pensadores integradores y macroscópicos.

Cuando estaba estudiando genética molecular en el MIT,¹⁸ siempre me imaginé cómo hubiera sido la experiencia de explicar mi investigación a mis tatarabuelos.

–Abuelo –podía haber comenzado yo–, ¿ves la suciedad de ahí?

–¿Eres experto en suciedad? –me habría preguntado.

–No. Pero en la suciedad hay una forma de vida microscópica llamada bacteria.

–¡Oh, eres experto en eso!

–No –respondería–. Dentro de la bacteria hay una cosa llamada ADN.

–Entonces eres experto en el ADN.

–No exactamente. Dentro del ADN hay esos trozos llamados genes, y tampoco soy experto en ellos, pero al principio de esos genes está lo que llamamos una secuencia promotora...

–Ajá...

–Bueno, ¡soy experto en eso!

El mundo no necesita otra universidad que genere ultraespecialistas. Ese aspecto lo tenemos cubierto. Lugares como el MIT, Stanford y el Instituto Tecnológico de California ya hacen un gran trabajo creando supergenios que pueden enloquecer en sus nano-nichos. Lo que se necesita es un lugar al que la gente pueda acudir para escuchar las ideas más brillantes, esas posibilidades exponenciales que recuerdan a Arquímedes: «Dadme un punto de apoyo y levantaré el mundo».¹⁹

En 2008 llevé adelante esta idea,²⁰ en colaboración con Ray Kurzweil, para fundar Singularity University (SU). Después involucré a mi viejo amigo el doctor Simon *Pete* Worden, un general de la Fuerza Aérea retirado con un doctorado en astronomía, que dirige el Centro de Investigación Ames de la NASA en Mountain View, California. Se trata de un centro de investigación de la agencia espacial, cuyas áreas de estudio están perfectamente alineadas con los intereses de la SU. Worden vio la conexión, y en poco tiempo tuvimos un lugar donde situar nuestra nueva universidad.

Después de deliberar mucho, se eligieron ocho campos de cre-

cimiento exponencial como el núcleo del currículum de la SU: biotecnología y bioinformática; sistemas computacionales; redes y sensores; inteligencia artificial; robótica; manufactura digital; medicina y nanomateriales y nanotecnología. Cada uno de estos campos tiene el potencial de afectar a miles de millones de personas, resolver grandes desafíos y reinventar industrias enteras. Estos ocho campos son tan importantes para nuestro potencial de abundancia que el siguiente capítulo está dedicado a explorar cada uno de ellos por turno. El objetivo es proporcionar una visión más profunda a los poderes exponenciales de mejorar los niveles de vida globales y presentar algunos de los pintorescos personajes que están dedicando sus vidas a hacer precisamente eso. ¿Por dónde empezar? Bueno, quizá no haya nadie tan pintoresco como el doctor J. Craig Venter.

La singularidad está más cerca

Un viaje a mañanalandia

Craig Venter tiene sesenta y cinco años, es de altura media, fornido, con barba poblada y una amplia sonrisa. Su manera de vestir es informal, pero sus ojos no lo son. Son azules y están hundidos, y unidos al corte grisáceo que recorre su ceja derecha y al suave arco de la izquierda, le dan el aspecto de un mago moderno –como Gandalf con una buena cartera de acciones y un par de chanclas.

Hoy, además de las chanclas, Venter también lleva una colorida camisa hawaiana y unos vaqueros desteñidos. Ese es su atuendo para hacer de guía, ya que hoy me está enseñando las instalaciones de su homónimo: el Instituto J. Craig Venter¹ (JCVI son las iniciales de su nombre en inglés). Situado en el «callejón de la biología» de San Diego, las instalaciones en la costa oeste del JCVI son un modesto complejo de dos plantas, que alberga a 60 científicos y a un caniche enano. El nombre del caniche es *Darwin*, y va unos pasos delante de nosotros, que estamos pasando como una flecha por la entrada principal del edificio. Se para en la parte de debajo de un tramo de escaleras, justo detrás de una maqueta arquitectónica de un edificio de cuatro plantas. Una placa detrás del modelo reza: «El primer laboratorio verde y emisor neutral de carbono». Esto es JCVI 2.0, la visión de Craig para su futuro instituto.

«Si consigo financiación», dice Venter, «esto es lo que quiero construir».

La etiqueta con el precio de su sueño supera los 40 millones de dólares, pero conseguirá la financiación. Venter es para la biología lo que Steve Jobs para los ordenadores. Genios con éxitos repetidos.

En 1990 el Departamento de Energía (DOE son sus siglas en inglés) de Estados Unidos y el Instituto Nacional de Salud (NIH) lanzaron juntos el Proyecto Genoma Humano, un programa de quince años con el objetivo de secuenciar los 3.000 millones de pares de bases que componen el genoma humano. Algunos pensaron que el proyecto era imposible; otros predijeron que se tardaría medio siglo en llevarse a cabo. Todos coincidían en que sería caro. Se dedicó un presupuesto de 10.000 millones de dólares, pero muchos pensaron que no sería suficiente. Puede que sigan pensando así, solo que en 2000 Venter decidió entrar en la carrera.

Ni siquiera era una carrera. Construyendo a partir del trabajo realizado con anterioridad, Venter y su compañía, Celera, consiguieron una secuencia completa del genoma humano en menos de un año (haciendo el esfuerzo de diez años del gobierno) por menos de cien millones de dólares solamente (mientras que el gobierno gastó 1.500 millones). Para conmemorar el acontecimiento, el presidente Bill Clinton dijo: «Hoy estamos aprendiendo el lenguaje con el que Dios creó la vida».²

Pronto, en mayo de 2010 Venter anunciaba su siguiente éxito: la creación de una forma de vida sintética.³ La describió como «la primera especie autorreplicante que hemos tenido en el planeta y cuyo padre es un ordenador». En menos de diez años, Venter desveló el genoma humano y creó la primera forma de vida sintética –genio con éxitos repetidos.

Para llevar a cabo esta segunda hazaña, Venter enlazó más de un millón de pares de bases, creando la pieza más grande de código genético creada por el hombre hasta la fecha. Después de manipular este código, fue enviado a Blue Heron Biotechnology, una compañía especializada en sintetizar el ADN. (Literalmente, puedes mandar un *e-mail* a Blue Heron con una larga serie de Aes, Tes, Ces, y Ges –las cuatro letras del alfabeto genético– y te enviarán un tubo lleno de copias exactas de esa cadena de ADN.) A continuación Venter cogió la cadena de Blue Heron y la insertó en una célula huésped bacteriana. La célula huésped «inició» el programa sintético y comenzó a

generar proteínas especificadas por el nuevo ADN. Al producirse la replicación, cada nueva célula contenía solamente las instrucciones sintéticas, un hecho que Venter pudo verificar al haber grabado una marca transparente en la secuencia. La marca, una secuencia codificada de Tes, Ces, Ges y Aes, contiene instrucciones para traducir el código del ADN a letras inglesas (con puntuación) y un mensaje codificado que la acompaña. Al traducirlo, el mensaje deletrea los nombres de 46 personas que trabajaron en el proyecto; citas de novelistas como James Joyce, físicos como Richard Feynman y Robert Oppenheimer, y un URL de una página web que cualquiera que descifre el código puede mandar por *e-mail*.

Pero el verdadero objetivo no eran los mensajes secretos ni la vida sintética. Este proyecto solo era el primer paso. La verdadera meta de Venter es la creación de una nueva forma de vida sintética muy concreta –del tipo que puede fabricar combustible a un coste extremadamente bajo–.⁴ En lugar de excavar en la tierra para extraer petróleo, Venter está trabajando en un alga nueva, cuya maquinaria molecular puede absorber dióxido de carbono y agua y crear petróleo o cualquier otro tipo de combustible. ¿Te interesa el octanaje puro?, ¿la gasolina para la aviación?, ¿el diésel? No hay problema. Dale a tu alga diseñadora las instrucciones adecuadas en su ADN y deja que la biología haga el resto.

Para profundizar en este sueño, Venter también ha dedicado los últimos cinco años a navegar en su yate de investigación,⁵ *Sorcerer II*, alrededor del mundo, recogiendo algas en el camino. Las algas se pasan por una máquina de secuenciar ADN. Utilizando esta técnica, Venter ha creado una biblioteca de más de cuarenta millones de genes diferentes, que ahora puede utilizar para diseñar sus futuros biocombustibles.

Estos combustibles son solo uno de sus objetivos. Venter quiere utilizar métodos similares para fabricar vacunas humanas⁶ en veinticuatro horas en lugar de los dos a tres meses que se necesitan actualmente. Está pensando en manipular cultivos de alimentos con una producción mejorada en cincuenta veces respecto a la actual agricultura. Combustibles de bajo coste, vacunas de alto rendimiento y agricultura ultraproductiva son solo tres de las razones por las que el crecimiento exponencial de la biotecnología es fundamental para crear un mundo de abundancia. En los próximos capítulos, exami-

naremos todo esto con mayor profundidad, pero, por el momento, volvamos a la siguiente categoría de nuestra lista.

Redes y sensores

Estamos en otoño de 2009, y Vint Cerf,⁷ principal predicador de Internet para Google, está en la Singularity University para hablar del futuro de las redes y los sensores.⁸ En Silicon Valley, donde el uniforme habitual son las camisetas y los vaqueros, la preferencia de Cerf por los trajes cruzados y las pajaritas es poco común. Pero no es solo su traje lo que le hace destacar. Tampoco el hecho de que haya ganado la Medalla Nacional de la Tecnología, el Premio Turing y la Medalla Presidencial de la Libertad. En vez de ello, lo que realmente hace destacar a Cerf es que es una de las personas más directamente relacionada con el diseño, creación, promoción, orientación y crecimiento de Internet.

Durante sus años de estudiante de posgrado, Cerf trabajó en el grupo de interconexión que conectó los primeros dos nodos del Advanced Research Projects Agency Network (Arpanet). Después fue director del programa para Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), creando diversos grupos para desarrollar la tecnología TCP/IP.* A finales de los años ochenta, cuando Internet comenzó su transición hasta convertirse en una oportunidad comercial, Cerf pasó a trabajar en la compañía telefónica de larga distancia MCI, donde diseñó el primer servicio comercial de *email*. Luego se incorporó a ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers), la principal organización del gobierno estadounidense para la red, y fue su director durante más de una década. Por todas estas razones, Cerf es considerado uno de los «padres de Internet».

Hoy en día, «el padre» está entusiasmado con el futuro de su creación —es decir, el futuro de las redes y los sensores—. Una red es cualquier interconexión de señales e información, de la cual Internet es el ejemplo más significativo. Un sensor es un aparato que detecta información —temperatura, vibración, radiación y similares—, que, cuando se engancha a una red, también puede transmitirla. Toma-

* Es un conjunto de protocolos que se considera la base de Internet (*N. del T.*)

das en conjunto, el futuro de las redes y los sensores es denominado a veces «el Internet de las cosas»,⁹ que a menudo es imaginado como una red autoconfigurable de sensores inalámbricos que conectan entre sí, bueno, todas las cosas.

En una reciente charla sobre el tema, Mike Wing, vicepresidente de comunicaciones estratégicas de IBM,¹⁰ lo describía de este modo: «Durante el pasado siglo, pero de manera acelerada durante las últimas dos décadas, hemos visto el surgimiento de una especie de campo global de datos. El propio planeta –los sistemas naturales, los humanos y los objetos físicos– siempre ha generado una enorme cantidad de datos, pero no éramos capaces de escucharlos, de verlos y de capturarlos. Ahora podemos, porque todas estas cosas están instrumentalizadas. Y todo está interconectado, por lo que ahora realmente podemos tener acceso a ello. Así que, en efecto, el planeta ha desarrollado un sistema nervioso central».

El sistema nervioso es la columna vertebral del Internet de las cosas. Por un momento, imagina su futuro: billones de aparatos¹¹ –termómetros, coches, linternas, lo que sea–, todos conectados a través de una red de sensores inmensa, todos con su dirección IP y todos accesibles a través de Internet. De pronto, Google puede ayudarte a encontrar las llaves de tu coche. Las propiedades robadas son cosa del pasado. Cuando te estás quedando en casa sin papel higiénico o productos de limpieza o café, puedes encargar suministros automáticamente. Si el ahorro de tiempo es realmente la base de toda prosperidad, entonces el Internet de las cosas es un enorme tesoro.

Por muy potente que llegue a ser, el impacto que el Internet de las cosas tenga en nuestras vidas es eclipsado por su potencial como herramienta de negocio. Pronto las empresas serán capaces de casar perfectamente la demanda de productos con los pedidos de materia prima, haciendo más eficientes las cadenas de suministro y minimizando el gasto hasta un extremo increíble. Su eficiencia aumentará drásticamente. Solo por el potencial de ahorro de energía que supondría que los aparatos fundamentales solo se activaran cuando fueran necesarios (luces que se encienden cuando alguien se acerca a un edificio), merecería la pena el cambio. Y sería un ahorro a escala mundial. Hace unos años, Cisco se asoció con la NASA¹² para colocar sensores en todo el planeta que proporcionaran información en tiempo real sobre los cambios del tiempo.

Para llevar el Internet de las cosas al nivel pronosticado¹³ –con una población mundial prevista de 9.000 millones y una media de objetos que rodearan a cada persona de 1.000 a 5.000– necesitaremos 45 billones de direcciones IP únicas (45×1.012). Desgraciadamente, la versión 4 de IP actual (IPv4), inventada por Cerf y sus colegas en 1977, solo puede proporcionar alrededor de 4.000 millones de direcciones (y previsiblemente se agotará en 2014). «Mi única defensa»,¹⁴ dice Cerf, «es que la decisión se tomó en un momento en que no era seguro si Internet iba a funcionar», y añadió más tarde que «incluso el espacio de una dirección, de 128 bits, parecía excesivo por entonces».

Afortunadamente, Cerf ha estado dirigiendo la carga de la siguiente generación de protocolos de Internet (llamados creativamente Ipv6), que tiene suficiente espacio para $3,4 \times 1.038$ (340 billones de billones de billones) direcciones únicas –básicamente 50.000 cuatrillones de direcciones por persona–. «Ipv6 posibilita el Internet de las cosas», dice Cerf, «lo que a su vez mantiene la promesa de reinventar casi cualquier industria. Cómo fabricamos, cómo controlamos el medio ambiente y cómo distribuimos, usamos y reciclamos los recursos. Cuando el mundo a nuestro alrededor pase a estar conectado y sea consciente de sí mismo de manera efectiva, será eficiente como nunca. Es un gran paso hacia un mundo de abundancia».

Inteligencia artificial

Es sábado, julio de 2010, y *Junior* me está llevando en coche por la Universidad de Stanford.¹⁵ Es alguien que se las sabe todas: se queda pegado a su lado de la carretera, hace giros elegantes, se para en los semáforos y evita a los peatones, los perros y los ciclistas. Puede que no parezca gran cosa, pero *Junior* no es el típico conductor. Concretamente, no es humano. Más bien *Junior* es una inteligencia artificial¹⁶ en forma de un Volkswagen Passat diésel de 2006, siendo inexacto. Para ser exacto, bueno, eso es un poco difícil.

Claro que *Junior* tiene todos los elementos típicos de la ingeniería alemana, pero también un sistema Velodyne HD LIDAR colocado en el techo –que por sí solo cuesta 80.000 dólares y genera 1,3 millones de puntos de información en 3D cada segundo–. Después está el sistema de video HD6 omnidireccional; seis detectores de radar para

identificar objetos a gran distancia; y uno de los sistemas de posicionamiento global más avanzados tecnológicamente del mundo (valorado en 150.000 dólares). Además, el asiento trasero de *Junior* tiene dos monitores de veintidós pulgadas e Intel Xeons de seis núcleos, que le proporcionan la capacidad de procesamiento de un pequeño ordenador. Y necesita todo eso porque *Junior* es un vehículo autónomo, conocido en la jerga de los *hackers* como «robo car».

Junior fue fabricado en 2007 en la Universidad de Stanford por el equipo de carreras de Stanford. Es el segundo vehículo autónomo construido por el equipo. El primero fue otro VW llamado *Stanley*. En 2005 *Stanley* ganó el Gran Desafío de DARPA,¹⁷ un galardón de dos millones de dólares para el vehículo autónomo que completara una carrera de 210 kilómetros en todo terreno. La competición fue organizada después de la invasión de Afganistán de 2001, para promover el diseño de vehículos robóticos para abastecimiento de tropas. *Junior* es la segunda versión, diseñada para suceder en la competición de 2007 de DARPA, el Urban Challenge (una carrera de casi cien kilómetros a través un paisaje urbano), en el que quedó segundo.

El Gran Desafío tuvo tanto éxito –y el ansia por parte del Departamento de Defensa de vehículos conducidos mediante inteligencia artificial es tan lucrativamente tentador– que prácticamente todos los principales fabricantes de coches cuentan actualmente con una división en este campo, y las aplicaciones militares son solo una parte. En junio de 2011 el gobernador de Nevada aprobó una ley¹⁸ que obliga al estado a establecer regulaciones que permitan a los vehículos autónomos utilizar las vías públicas. Si los cálculos de los expertos son correctos, esto ocurrirá en torno a 2020. Sebastian Thrun, que fue director del Laboratorio de Inteligencia Artificial de Stanford,¹⁹ y actualmente está al frente del laboratorio de coches autónomos de Google, considera que los beneficios serán significativos. «Hay casi cincuenta millones de accidentes de coche al año en el mundo, que ocasionan más de 1,2 millones de muertes. Las aplicaciones de IA, como el frenado automático o el mantenerse en el carril apropiado, evitarán que los conductores sufran un accidente cuando se queden dormidos al volante. Este es el campo en el que la inteligencia artificial puede salvar vidas a diario.»

El predicador del Robocar, Brad Templeton,²⁰ considera que las vidas que puede salvar solo son el principio. «Cada año los accidentes

nos cuestan 50.000 millones de horas y 230.000 millones de dólares –o entre el 2 y el 3 por ciento de PIB– por errores humanos al volante. Además, estos vehículos permiten que la adopción de tecnologías alternativas de combustible sea considerablemente más fácil. ¿A quién le importa si la estación de rellenado de hidrógeno más cercana está a cuarenta kilómetros, si tu coche se puede recargar él solo mientras duermes?» En otoño de 2011, para fomentar este proceso, la Fundación PREMIO X anunció su intención de diseñar una «carrera de coches de humanos contra máquinas» a través de una pista de obstáculos dinámica para establecer el momento en el que los vehículos autónomos comienzan a superar a los mejores conductores de coche humanos del mundo.

Y los vehículos autónomos no son sino una pequeña porción de un panorama mucho mayor. Diagnosticar pacientes, enseñar a nuestros hijos, servir como columna vertebral de un nuevo paradigma energético, etc. La lista de maneras por las cuales la inteligencia artificial dará nueva forma a nuestras vidas en los próximos años crece sin parar. Por cierto, la mayor prueba de esto es la lista de los modos en que la inteligencia artificial *ya* ha modificado nuestras vidas. Ya sea por la exorbitante velocidad a la que responde el motor de búsqueda de Google o por el reconocimiento de voz utilizado en los directorios de información telefónica, ya somos dependientes de la IA. Aunque algunos ignoran estas aplicaciones «simples» de la IA, sin embargo, esperar a que llegue la IA «compleja» del ordenador HAL 9000 de *2001: Una odisea del espacio* de Arthur C. Clarke, no significa que no hayamos hecho progresos. «Considera la competición de ajedrez “el hombre contra la máquina”, entre Gary Kasparov y *Deep Blue* de IBM»,²¹ dice Kurzweil. «En 1992, cuando se propuso por primera vez la idea de que un ordenador podía jugar contra un campeón del mundo de ajedrez, fue descartada categóricamente. Pero la constante duplicación anual de la capacidad de los ordenadores permitió al superordenador *Deep Blue* derrotar a Kasparov solo cinco años después. Hoy en día puedes comprar un aparato de ajedrez con inteligencia artificial y nivel de campeón para tu iPhone por menos de diez dólares».

Entonces, ¿cuándo tendremos un verdadero equipo con inteligencia artificial del tipo HAL? Es difícil de decir. Pero recientemente IBM reveló la existencia de dos nuevas tecnologías de chips que nos

llevan en esa dirección. La primera integra aparatos eléctricos y ópticos en la misma pieza de silicio.²² Estos chips se comunican mediante luz. Las señales eléctricas requieren de electrones, que generan calor, lo que limita la cantidad de trabajo que puede desarrollar un chip y necesita mucha energía para enfriarlo. La luz no tiene ninguna de estas limitaciones. Si las previsiones de IBM son correctas, durante los próximos ocho años su nuevo diseño de chip acelerará el desempeño de los supercomputadores multiplicándolo por mil, y llevándonos desde el actual 2,6 petaflops hasta un exaflop (esto es 10^{18} , o un trillón de operaciones por segundo) –cien veces más rápido que la mente humana.

La segunda es SyNAPSE,²³ el chip de silicio de IBM que imita la mente. Cada chip tiene una cuadrícula de 256 nodos paralelos que representan dendritas y un conjunto de nodos perpendiculares para los axones. Donde estos nodos se cruzan están las sinapsis, y un chip tiene 262.144 de estas. En pruebas preliminares, los chips fueron capaces de jugar al juego de Pong, controlar un coche virtual en una carrera e identificar una imagen en una pantalla. Estas son tareas que los ordenadores ya han conseguido realizar, pero estos nuevos chips no necesitan programas especializados para llevar a cabo cada tarea; en lugar de ello, responden a las circunstancias del mundo real y aprenden de sus experiencias.

Por supuesto que no hay garantía de que todo esto sea suficiente para crear HAL –la IA compleja puede necesitar algo más que una solución de fuerza bruta–, pero definitivamente nos va a poner en la cima de la pirámide de la abundancia. Piensa solo en lo que esto significará para el potencial de diagnóstico en la medicina personalizada; o en la educación personalizada. (Si tienes problemas para imaginarte estos conceptos, espera unos cuantos capítulos y te los describiré en detalle.) Por muy intrigante que todo esto pueda parecer, no es nada comparado con los beneficios que proporcionará la IA cuando se combine con nuestra siguiente categoría exponencial: la robótica.

Robótica

Scott Hassan está en la treintena, es de estatura media, tiene pelo negro azabache y unos ojos grandes en forma de almendra. Es pro-

gramador de sistemas, y se le considera uno de los mejores en su campo, pero su verdadera pasión es construir robots. No máquinas industriales para fabricar coches, o pequeñas y decorativas aspiradoras domésticas, sino verdaderos robots, tipo *Yo, robot* de Expo universal y que «te ayudan en toda la casa».

Cierto que nos hemos esmerado para crear estos robots durante años. En el camino hemos aprendido una serie de lecciones: primero, que estos robots son mucho más difíciles de fabricar de lo previsto; segundo, que también son considerablemente más caros. Pero en ambas categorías Hassan tiene una ventaja.

En 1996, cuando estudiaba informática en Stanford, Hassan conoció a Larry Page y Sergey Brin.²⁴ El dúo estaba trabajando por entonces en un pequeño proyecto secundario: el motor de búsqueda predecesor de Google. Hassan les ayudó con los códigos, y los fundadores de Google le dieron acciones. Comenzó eGroups, que más tarde fue comprada por Yahoo! por 412 millones de dólares.²⁵ Esto significa que, a diferencia de otros aspirantes a fabricar robots, Hassan posee el capital necesario para hacer mella en este campo.

Además, ha invertido ese capital en reunir a los mejores y más brillantes expertos en su compañía, llamada Willow Garage (que toma su nombre de la dirección de su casa de Willow Road, en Menlo Park). El principal proyecto de la empresa es un robot personal²⁶ conocido con el exótico nombre PR2 (Personal Robot 2, o Robot personal 2). El PR2 lleva colocados en la cabeza unas cámaras estéreo y un aparato de detección y medición por luz; además, cuenta con dos brazos grandes, unos hombros anchos, un torso amplio y rectangular y una base con cuatro ruedas. El conjunto tiene un aspecto más o menos humano, una especie de R2D2 que hubiera tomado esteroides. Claro que esto no parece gran cosa, pero el invento de Hassan es literalmente una nueva especie de robots.

Durante décadas el progreso de la robótica ha sufrido el obstáculo de que los investigadores no tenían una plataforma para experimentar. Los primeros *hackers* informáticos tenían el Commodore 64, de modo que sus innovaciones podían ser compartidas por todos. Este no ha sido así la robótica; pero aquí es donde entra el PR2. No está diseñado para los consumidores, sino que el robot de Willow Garage es una plataforma de investigación y desarrollo, creada a propósito para que los obsesos puedan hacer de todo con él. Una rápida visita

a YouTube²⁷ muestra al PR2 abriendo puertas, doblando la ropa limpia, llevando una cerveza, jugando al billar y limpiando la casa.

Pero el gran paso adelante puede ser el código que hace funcionar a PR2. En vez de utilizar un código fuente privativo, tiene un código abierto. «Los sistemas privativos desaceleran las cosas»,²⁸ dice. «Queremos que las mejores mentes mundiales trabajen en este problema. Nuestro objetivo no es controlar o poseer esta tecnología, sino acelerarla; pisar el acelerador para conseguir que se desarrolle lo antes posible».

Así que, ¿qué es lo siguiente que va a pasar, y qué tiene que ver con un mundo de abundancia? Hassan tiene una lista de aplicaciones beneficiosas, incluyendo enfermeras mecánicas que cuidan ancianos y médicos mecanizados que hacen que la asistencia sanitaria sea asequible y accesible. Pero está más cautivado por las posibilidades económicas. «En 1950 el producto bruto global era de unos cuatro billones de dólares»,²⁹ dice. «En 2008, cincuenta y ocho años después, era de 61 billones de dólares. ¿Cómo hizo para multiplicarse por quince? Gracias al aumento de productividad derivado de la automatización de nuestras fábricas. Hace unos años, cuando viajé a Japón, hice una visita a una fábrica de coches de Toyota que era capaz de producir 5.000 vehículos al día con tan solo cuatrocientos empleados gracias a la automatización. Pensé: “Imagina si pudieras apropiarte de esta productividad, sacarla de la fábrica y colocarla en nuestras vidas cotidianas”. Creo que esto aumentaría nuestra economía global en órdenes de magnitud en las próximas décadas».

En junio de 2011 el presidente Obama anunció la Iniciativa Nacional de Robótica (NRI según sus siglas inglesas),³⁰ un esfuerzo de setenta millones de dólares, con varios inversores, «para acelerar el desarrollo y uso de robots en Estados Unidos que trabajen junto a la gente y en cooperación con ella». Del mismo modo que el intento de Willow Garage de crear una plataforma estable para el desarrollo del P2P, el NRI se estructura alrededor de «facilitadores críticos»: tecnologías de base que permitan a los fabricantes estandarizar procesos y productos, de modo que se reduzcan los plazos de desarrollo y se incremente el rendimiento. Como dijo Helen Greiner, presidenta de Robotics Technology Consortium,³¹ a la revista *PCWorld*: «Invertir en robótica es más que simplemente dar dinero para investigación y desarrollo, es un vehículo para transformar las vidas de los esta-

dounidenses y revitalizar nuestra economía. En efecto, estamos en un punto de inflexión en el que está empezando la transición de la robótica desde el laboratorio hasta la generación de nuevos negocios, la creación de puestos de trabajo y la resolución de importantes desafíos a los que se enfrenta nuestro país».

Manufactura digital y computación infinita

Carl Bass ha estado haciendo diferentes cosas durante los últimos treinta y cinco años: edificios, barcos, máquinas, esculturas, software. Es el consejero delegado de Autodesk, que desarrolla software utilizado por diseñadores, ingenieros y artistas en todas partes. Hoy me está enseñando la galería de demostraciones de su empresa, en el centro de San Francisco. Pasamos por delante de sistemas avanzados de representación óptica arquitectónica que funcionan con los códigos de Autodesk; pantallas que muestran escenas de *Avatar* creadas con sus herramientas, y al final hasta una motocicleta y el motor de un avión, ambos fabricados con una impresora en 3D que funciona –lo has adivinado– con software Autodesk.

La impresión en 3D es el primer paso hacia los replicadores con los que se fabulaba en *Star Trek*. Hoy en día las máquinas no están alimentadas por cristales de dilitio, pero pueden fabricar de manera muy precisa objetos tridimensionales extremadamente intrincados, y de una manera mucho más barata y rápida que nunca anteriormente. La impresión en 3D es la forma más novedosa de fabricación digital, un campo que ya tiene unas décadas. Los fabricantes digitales tradicionales utilizan acanaladores controlados por ordenador, láseres y otras herramientas cortantes para dar una forma precisa a una pieza de metal, madera o plástico mediante un proceso de sustracción: cortando en rodajas y en dados hasta que lo que queda es la forma deseada. Hoy en día las impresoras en 3D hacen lo contrario. Utilizan una forma de fabricación aditiva, en la que se consigue el objeto tridimensional añadiendo capas sucesivas de material.

Mientras que las primeras máquinas eran simples y lentas, las versiones actuales son rápidas y ágiles³² y capaces de imprimir con un amplio abanico de materiales: plástico, vidrio, acero e incluso titanio. Los diseñadores industriales utilizan las impresoras 3D para hacer

cualquier cosa, desde pantallas para lámparas y gafas hasta prótesis artificiales a medida.³³ Incluso se utilizan en *hobbies*, produciendo robots que funcionan y aviones que vuelan autónomamente. Las empresas de biotecnología están experimentando con la impresión de órganos en 3D,³⁴ mientras, el inventor Behrokh Khoshnevis, un profesor de ingeniería de la Universidad del Sur de California³⁵, ha desarrollado una impresora 3D a gran escala que suelta cemento para la construcción de casas baratas con varias habitaciones en los países en vías de desarrollo. La tecnología también está lista para abandonar nuestro mundo. Una empresa que es un *spin-off* de la Singularity University, «Hecho en el Espacio»,³⁶ ha construido una impresora 3D que funciona en ausencia de gravedad, de modo que los astronautas de la Estación Espacial Internacional puedan imprimir piezas cuando lo necesiten.

«Lo que más me entusiasma»,³⁷ dice Bass, «es la idea de que cualquier persona pronto tendrá acceso a una de esas impresoras 3D, del mismo modo que hoy en día tenemos impresoras de chorro de tinta, y cuando eso suceda, lo cambiará todo. ¿Ves algo en Amazon que te gusta? En lugar de encargarlo y esperar veinticuatro horas a que llegue tu paquete, imprímelo y lo tendrás en cuestión de minutos».

Las impresoras 3D permiten a cualquiera y en cualquier lugar crear objetos físicos a partir de un plano digital. Ahora mismo el énfasis está puesto en las formas geométricas novedosas; pronto alteraremos las propiedades fundamentales de los propios materiales. «Olvídate de las limitaciones tradicionales que impone la fabricación convencional,³⁸ en la que cada pieza se hace de un único material», explica el profesor de la Universidad de Cornell, Hod Lipson, en un artículo del *New Scientist*. «Estamos haciendo materiales dentro de materiales, e incrustando y entrelazando múltiples materiales en moldes complejos. Podemos imprimir materiales duros y blandos en moldes que crean propiedades estructurales extrañas y nuevas».

La impresión en 3D hace caer los costes de fabricación estrepitosamente, ya que permite desarrollar prototipos de manera completamente nueva. Anteriormente, inventar era un juego lineal: creabas algo en tu cabeza, se fabricaba en el mundo real, comprobabas si funcionaba o no, y volvías a empezar. Esto llevaba mucho tiempo, disuadía en gran medida toda experimentación y era prohibitivamente caro. La impresión en 3D cambia todo esto, permitiendo llegar a un

«prototipo rápido», de modo que los inventores puedan imprimir literalmente docenas de variantes de un diseño con un coste añadido pequeño y en una mínima parte del tiempo que antes requería conseguir el prototipo físico.

Este proceso se amplificará enormemente cuando se asocie a lo que Carl Bass llama «computación infinita». «Durante la mayor parte de mi vida», explica, «la capacidad de computación se ha tratado como un recurso escaso.³⁹ Continuamos pensando en ella de este modo, aunque ya no es necesario hacerlo. El ordenador de mi casa, incluyendo su consumo de electricidad, cuesta menos de dos décimas partes de un penique por hora de CPU. La computación no solo es barata, sino que se está volviendo aún más barata, y podemos extrapolar fácilmente esta tendencia hasta que lleguemos a pensar en ella como prácticamente gratuita. De hecho, hoy en día es la fuente más barata para resolver un problema.

»Otra mejora espectacular es la escalabilidad, accesible hoy en día a través de la red. Con independencia del tamaño del problema, puedo desplegar cientos, incluso miles de ordenadores para ayudar a resolverlo. Aunque no es tan barato como un ordenador en casa, alquilar una CPU por hora en Amazon cuesta menos de cinco centavos de dólar».

Quizá más impresionante aún es la capacidad infinita de cálculo para encontrar soluciones óptimas a cuestiones complejas y abstractas que anteriormente no tenían respuesta o era demasiado caro ni siquiera planteárselas. Cuestiones del tipo «¿Cómo puedes diseñar una central nuclear capaz de aguantar un terremoto de 10 en la escala de Richter?» o «¿Cómo puedes hacer un seguimiento de las enfermedades globales y detectar pandemias en el momento crítico de sus fases tempranas?», aunque siguen sin ser fáciles, tienen respuesta. Sin embargo, en última instancia, el desarrollo más fascinante tendrá lugar cuando la capacidad infinita de cálculo se una a la impresión en 3D. Esta combinación revolucionaria democratiza a fondo el diseño y la fabricación. De pronto, un invento desarrollado en China puede ser perfeccionado en la India, y después impreso y utilizado en Brasil, el mismo día, proporcionando al mundo en vías de desarrollo un mecanismo para luchar contra la pobreza como nunca se ha visto.

Medicina

En 2008, la OMS anunció que una carencia de médicos cualificados⁴⁰ en África amenaza el futuro del continente alrededor del año 2015. En 2006, la Asociación de Colegios Médicos de Estados Unidos⁴¹ informó de que la población del *baby-boom* de ese país, que está envejeciendo, provocará una escasez masiva de 62.900 médicos hacia 2015, que aumentará a 91.500 en el año 2020. La carestía de enfermeras podría ser aún peor, y éstas son solo algunas de las razones por las que nuestro sueño de la abundancia en la atención sanitaria no puede proceder de las profesiones tradicionales.

¿Cómo cubrimos estas carencias? Para empezar, contamos con las tecnologías Lab-on-a Chip (LOC). El profesor de Harvard George M. Whitesides, líder en este campo emergente, explica por qué: «Hoy en día tenemos medicinas para tratar muchas enfermedades, desde el sida y la malaria hasta la tuberculosis. Lo que necesitamos desesperadamente es poder realizar diagnósticos inmediatos, precisos, baratos, mediante procedimientos fáciles de usar, diseñados específicamente para el 60 por ciento del mundo en vías de desarrollo que vive más allá de la zona de influencia de los hospitales y de las infraestructuras médicas. Esto es lo que puede proporcionar la tecnología del Lab-on-a-Chip».

Dado que la tecnología LOC seguramente formará parte de un aparato con conexión inalámbrica, los datos que recopile para realizar el diagnóstico pueden ser cargados en una red y analizados. «Por primera vez», dice la doctora Anita Goel, profesora del MIT, cuya compañía Nanobiosym está intentando comercializar la tecnología LOC, «tendremos la capacidad de proporcionar información en tiempo real de enfermedades mundiales que puede ser cargada en la red y utilizada para detectar y combatir la fase inicial de las pandemias».

Ahora imagínate qué pasa cuando a esta ecuación le añades la inteligencia artificial. ¿Parece un cuento de hadas? Ya en 2009, la Clínica Mayo utilizó una «red neuronal artificial»⁴² para ayudar a los médicos a descartar la necesidad de procedimientos invasivos al diagnosticar a pacientes que anteriormente se creía que padecían de endocarditis, una grave enfermedad del corazón, con un 99 por ciento de precisión. Se han utilizado programas similares para todo, desde leer TAC⁴³ a auscultar soplos en el corazón de niños.⁴⁴ Pero combinar la IA, la computación en la nube y la tecnología LOC ofre-

cerá el mayor de los beneficios. Tu aparato del tamaño de un móvil no solo podrá analizar sangre y esputos, sino que almacenará en él tus síntomas, ofreciéndote un diagnóstico más preciso del que se hubiera podido hacer hasta la fecha y, potencialmente, compensando la carestía de médicos y enfermeras que se avecina. Como los pacientes podrán utilizar esta tecnología en sus propias casas, también liberará tiempo y espacio en las urgencias saturadas de los hospitales. Los epidemiólogos tendrán acceso a un conjunto de informaciones increíblemente rico, que les permitirá realizar pronósticos enormemente acertados. Pero el verdadero beneficio es que la medicina pasará de ser reactiva y genérica a ser predictiva y personalizada.

Nanomateriales y nanotecnología

La mayoría de los historiadores fechan la nanotecnología –es decir, la manipulación de la materia a escala atómica– en la conferencia del físico Richard Feynman de 1959 «Hay mucho sitio abajo».⁴⁵ Pero fue el libro de 1986 de K. Eric Drexler, *La nanotecnología: el surgimiento de las máquinas de creación*,⁴⁶ el que realmente puso la idea en el mapa. La noción básica es sencilla: construye las cosas átomo a átomo. ¿Qué tipo de cosas? Bueno, para empezar, ensambladores: pequeñas nanomáquinas que fabrican otras nanomáquinas (es decir, que se autorreplican). Como estos replicadores también son programables, después de que uno de ellos haya construido mil millones de copias de sí mismo, puedes ordenarles que fabriquen cualquier cosa que quieras. Mejor aún, dado que la fabricación ocurre en una escala atómica, estos *nanobots*, como los llaman, pueden empezar con cualquier material que tengan a mano –tierra, agua, aire, etc.–, separarlo átomo a átomo y utilizar esos átomos para construir simplemente lo que dé la gana.

A primera vista esto parece como de ciencia ficción, pero casi todo lo que estamos pidiendo que hagan los nanobots ya ha sido hecho por las formas de vida más simples. ¿Duplicarte a ti mismo mil millones de veces? No hay problema, las bacterias de tu intestino pueden hacerlo en solo diez horas. ¿Extraer carbón y oxígeno del aire y convertirlo en azúcar? La capa de suciedad de cualquier estanque se ha dedicado a ello durante mil millones de años, y si los gráficos exponenciales de Kurzweil son suficientemente precisos, entonces no

pasará mucho tiempo antes de que nuestra tecnología supere estas actividades biológicas.

Por supuesto que hay un cierto número de expertos que consideran que cuando la nanotecnología alcance este punto, podemos perder nuestra capacidad de controlarla adecuadamente. El propio Drexler describió un escenario apocalíptico⁴⁷ en el que nanobots autorreplicantes se liberan de nuestro control y consumen todo lo que encuentran en su camino. Esta no es una preocupación irrelevante. La nanotecnología es uno de entre los campos de crecimiento exponencial (también la biotecnología, la IA y la robótica) con la capacidad de plantear graves peligros potenciales. Estos peligros no son el tema del libro que tienes en tus manos, pero sería un descuido importante no mencionarlos. Por eso, al final del libro encontrarás una largo apéndice que trata de todos estos asuntos. Por favor, utilízalo como trampolín para otras lecturas.

A pesar de las preocupaciones sobre los nanobots y demás visiones apocalípticas (seguramente más allá de la cronología de este libro), la nanociencia ya nos está proporcionando increíbles beneficios. Los nanocompuestos son hoy considerablemente más fuertes que el acero⁴⁸ y pueden ser creados por una mínima parte de su coste. Los nanotubos monocapa de carbono muestran una muy alta movilidad de electrones⁴⁹ y se utilizan para multiplicar la eficacia de la conversión de energía en las células solares. Y los buckminsterfullerenos (C60), o *buckyballs*,⁵⁰ son moléculas con forma de pelota de fútbol que contienen 60 átomos de carbono con usos potenciales que van desde materiales superconductores a sistemas de dosificar medicinas. En conjunto, como señaló un reciente informe de la Fundación Nacional de la Ciencia sobre el tema,⁵¹ «la nanotecnología tiene el potencial de mejorar el rendimiento humano, de aportar desarrollo sostenible a los materiales, agua, energía y alimentos, de proteger contra bacterias y virus desconocidos, e incluso de disminuir las razones para alterar el orden público [al crear la abundancia universal]».

¿Estás cambiando el mundo?

Por muy apasionantes que sean estos grandes adelantos, no había ningún lugar al que acudir para saber de ellos en detalle. Por ese mo-

tivo organicé la conferencia fundacional de la Singularity University en el Centro de Investigación Ames de la NASA en septiembre de 2008.^{52 y 53} Había representantes de la NASA; académicos de Stanford, Berkeley y otras instituciones; y líderes empresariales de Google, Autodesk, Microsoft, Cisco e Intel.⁵⁴ Lo que recuerdo más claramente de ese acontecimiento fue el discurso improvisado que dio el cofundador de Google, Larry Page,⁵⁵ cerca del final del primer día. De pie ante unos cien asistentes, Page realizó un apasionado discurso pidiendo que esa nueva universidad se centrara en hacer frente a los mayores problemas del mundo. «Actualmente utilizo un sistema de medida muy simple: ¿estás trabajando en algo que puede cambiar el mundo? ¿Sí o no? La respuesta para el 99,9999 por ciento de la gente es “no”. Creo que necesitamos formar a la gente en cómo cambiar el mundo. Obviamente, las tecnologías son el camino para hacerlo. Esto es lo que hemos visto en el pasado; esto es lo que impulsa todos los cambios.»

Eso es lo que construimos. La conferencia fundacional dio lugar a una institución única. Gestionamos licenciaturas y programas ejecutivos y ya tenemos más de mil graduados. El desafío de Page se ha incrustado en el ADN de la universidad. Cada año se impulsa a los graduados para que desarrollen una empresa, producto u organización que afecte positivamente las vidas de mil millones de personas en diez años. Yo llamo a esto las compañías de «más de diez elevado a nueve» (10^9+).⁵⁶ Aunque ninguna de estas nuevas empresas ha alcanzado sus objetivos todavía (después de todo, solo hace tres años que empezamos), se están haciendo grandes progresos.

Dada la tasa de crecimiento exponencial de la tecnología, este progreso continuará a un ritmo que no tiene que ver con nada que hayamos experimentado. Todo esto quiere decir que el agujero en el que estamos ni siquiera es un agujero, la distancia entre ricos y pobres no es para tanto y el actual ritmo de progreso tecnológico está yendo mucho más deprisa de lo necesario para hacer frente a los desafíos que tenemos delante; por tanto, las tres críticas más comunes contra la abundancia ya no nos deberían preocupar.

Tercera parte

Construir la base de la pirámide

Los instrumentos de la cooperación

Las raíces de la cooperación

Las dos primeras partes de este libro exploraron la promesa de la abundancia y el poder de los elementos que hemos llamado exponenciales de facilitar esta promesa. Aunque existe una raza de tecnoutópicos que creen que bastará con estos elementos exponenciales para traer el cambio, este no es nuestro argumento. Considerando el potencial combinatorio de la IA, la nanotecnología y la impresión 3D, parece que vamos en esa dirección pero, probablemente, el periodo de tiempo que requieren estos desarrollos vaya más allá del horizonte de este libro. Aquí nos interesamos en las próximas dos o tres décadas, y para lograr nuestros objetivos en un periodo tan breve, los elementos exponenciales van a necesitar alguna ayuda.

Pero la ayuda está en camino. Más adelante, en este libro, examinaremos las tres fuerzas que aceleran este proceso. Sin duda, estas tres fuerzas –la llegada de la era del innovador «hazlo tú mismo»; una nueva raza de tecnofilántropos; el poder creativo y de mercado en expansión de los mil millones emergentes– se intensifican por la tecnología exponencial. De hecho, esta tecnología se podría interpretarse como su alimento, un sustrato que es a la vez el sostén y el nutriente de estas fuerzas. Sin embargo, las tecnologías exponencialmente crecientes son solo una parte de un proceso cooperativo mayor, un proceso que comenzó hace mucho tiempo.

En nuestro planeta, las primeras formas de vida unicelulares se llaman procariotas.¹ Estas células, no más que un saco de citoplasma con su ADN flotando libremente en su interior, surgieron aproximadamente hace 3.500 millones de años. Las eucariotas aparecieron 1.500 millones de años después. Estas células son más poderosas que sus antecesoras procariotas porque son más capaces y cooperadoras, utilizando lo que podemos llamar tecnología biológica: «dispositivos» como el núcleo, la mitocondria y el aparato de Golgi que hacen que la célula sea más potente y eficaz. Hay una tendencia a pensar en estas tecnologías biológicas como pequeñas piezas de una máquina mayor –no muy distinta del motor, el chasis y la transmisión que se unen para formar un coche–, pero los científicos creen que algunas de estas piezas comenzaron siendo formas de vida separadas, entidades individuales que «decidieron» trabajar juntas por un objetivo mayor.²

Esta decisión no es inusual. Vemos esa misma cadena de efectos en nuestras vidas: la nueva tecnología crea mayores oportunidades de especialización, lo que incrementa la cooperación, lo que lleva a una mayor capacidad, lo que genera nuevas tecnologías y vuelve a iniciar todo el proceso de nuevo. También lo vemos repetido a lo largo de la evolución.

Mil millones de años después del surgimiento de las eucariotas tuvo lugar la siguiente innovación tecnológica muy importante: a saber, la creación de vida multicelular. En esta nueva fase las células comenzaron a especializarse, y que lo hicieron aprendieron a cooperar de manera extraordinaria. Los resultados fueron algunas formas de vida muy capaces. Un tipo de célula se encargaba de la locomoción, mientras que otro desarrollaba la capacidad de sentir los gradientes químicos. Muy pronto comenzaron a surgir formas de vida con tejidos y órganos individualizados, entre ellos nuestra propia especie –cuyos diez billones de células³ y 76 órganos indican un nivel de complejidad enorme.

«¿Cómo se organizan diez billones de células en un ser humano»,⁴ se pregunta Paul Ingraham, «a menudo con apenas una sola metedura de pata en varias décadas? ¿Cómo diez billones de células consiguen aunque solo sea mantenerse en pie? Incluso el simple hecho de elevarse a una altura de 1,5 o 1,8 metros es un truco bastante impresionante para un puñado de células que, individualmente, no son más altas que una mancha de café».

Por supuesto, la respuesta consiste en la cadena de efectos de siempre: la tecnología (huesos, músculos, neuronas) que conduce a la especialización (el fémur, los bíceps y el nervio femoral) que lleva a la cooperación (todas esas partes y muchas más que permiten nuestra verticalidad bípeda) que desemboca en una mayor complejidad (cada nueva posibilidad que surge de nuestra postura erguida). Pero la historia no acaba aquí. En palabras de Robert Wright, autor de *Nadie pierde: la teoría de juegos y la lógica del destino humano*.⁵ «A continuación, los humanos comenzaron un segundo tipo de evolución: la evolución cultural (la evolución de las ideas, los memes y las tecnologías). Sorprendentemente, esa evolución ha mantenido una trayectoria similar a la marcada por la evolución biológica; es decir, hacia una mayor complejidad y cooperación».

Nunca ha sido más evidente esta cadena causal como en el siglo xx, en el cual, como veremos pronto, la evolución cultural produjo los instrumentos más aptos para cooperar que viera jamás la humanidad.

De los caballos al Hércules

En 1861, William Russell,⁶ uno de los mayores inversores en el Pony Express, decidió utilizar la campaña electoral del año anterior para promocionar su empresa. Su objetivo era transmitir el discurso de investidura de Abraham Lincoln desde el extremo oriental de la línea telegráfica, situado en Fort Kearny, Nebraska, a su extremo occidental, en Fort Churchill, Nevada, lo más rápido posible. Para lograrlo, se gastó una pequeña fortuna, contrató a cientos de trabajadores y colocó caballos frescos de relevo cada quince kilómetros. Como resultado, California leyó las palabras de Lincoln en el increíble plazo de diecisiete días y siete horas después de que él las pronunciara.⁷

En comparación, en 2008 todo el país se enteró de que Barack Obama se había convertido en el cuadragésimo cuarto presidente de los Estados Unidos en el mismo momento en que fue declarado ganador. Cuando Obama dio su discurso de investidura, sus palabras viajaron de Washington, DC, a Sacramento, California, 14.939.040 veces más rápido que el discurso de Lincoln. Pero sus palabras también alcanzaron Ulan Bator, en Mongolia, y Karachi, en Pakistán, menos

de un segundo después. De hecho, a menos que se use alguna combinación de precognición y telepatía global, esto es, aproximadamente, lo más rápido que puede llegar a viajar esa información.

Ese rápido progreso es aún más impresionante cuando tienes en cuenta que nuestra especie ha estado mandándose mensajes durante 150.000 años. Mientras que las señales de humo eran innovadoras, y el correo aéreo aún más, en el último siglo nos hemos vuelto tan buenos en este juego que no importan las distancias a las que nos enfrentemos, y con poco más que un teléfono inteligente y una cuenta de Twitter, las palabras de cualquiera de nosotros pueden llegar a la pantalla de cualquier otra persona al instante. Esto sucede sin coste adicional, ni más trabajadores, ni requiere una planificación previa. Puede ocurrir cuando nos dé la gana y por la razón que sea. Añadiéndole una cámara y un portátil, puede tener lugar en directo y en color. ¡Caramba!, con el equipo adecuado, incluso puede suceder en 3D.

Este es un ejemplo más del efecto de retroalimentación positiva y autoamplificadora característico de la vida durante miles de millones de años. Desde la eucariota que hace posible la mitocondria al guerrero masai que maneja un móvil, la tecnología permite aumentar la especialización que conduce a más oportunidades de cooperación. Es un mecanismo autoamplificado. Del mismo modo que la ley de Moore es resultado del uso de ordenadores más rápidos para diseñar la siguiente generación de ordenadores más rápidos, las herramientas de la cooperación siempre engendran la siguiente generación de herramientas de cooperación. El discurso de Obama se difundió globalmente de manera instantánea porque, durante el siglo xx, ese mismo efecto de retroalimentación positiva alcanzó punto culminante, produciendo las dos mayores herramientas de cooperación que haya visto la humanidad.

La primera de estas herramientas fue la revolución del transporte, que nos llevó de las bestias de carga a los aviones, trenes y automóviles en menos de doscientos años. En ese tiempo construimos autopistas y rutas aéreas que, por tomar prestada la frase de Thomas Friedman, «aplanaron el mundo». Cuando la hambruna golpeó Sudán,⁸ los estadounidenses no se enteraron de ello años después. Las noticias les llegaron en tiempo real, e inmediatamente decidieron echar una mano. Dado que esa mano podía ser enviada con un avión de transporte Hércules C-130 en lugar de con un tipo a caballo, mucha gente tuvo menos hambre en muy poco tiempo.

Si quieres medir el cambio en las capacidades de cooperación que se ponen de manifiesto en este ejemplo, puedes empezar comparando la capacidad de un Hércules, que es 18.000 superior a la de un caballo. La capacidad total de carga a lo largo del tiempo es quizá una mejor manera de medirlo, y aquí las ganancias son mayores. Un caballo puede acarrear noventa kilos durante cincuenta kilómetros en un día, pero un C-130 lleva 19.000 kilos a 13.000 kilómetros durante esas mismas veinticuatro horas. Esto supone una mejora en nuestra capacidad de cooperar 56.000 veces mayor.

La segunda herramienta que facilita la cooperación es la revolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que ya hemos documentado. Esta ha producido mejoras aún mayores durante este mismo periodo de doscientos años. En su libro *Economía para un planeta abarrotado*, el economista de la Universidad de Columbia Jeffrey Sachs enumera ocho contribuciones bien diferenciadas que las TIC han realizado a favor el desarrollo sostenible,⁹ todas ellas de naturaleza cooperativa.

La primera de estas es la conectividad. Hoy en día no hay manera de eludir el mundo. Todos somos parte del proceso, ya que todos conocemos los negocios de todos. «En los pueblos más remotos del mundo», escribe Sachs, «ahora las conversaciones giran a menudo en torno a los acontecimientos políticos y culturales más actuales, o a los cambios en los precios de las materias primas, todo ello facilitado sobre todo por los teléfonos móviles más que por la radio y la televisión». La segunda contribución es una progresiva división del trabajo, ya que la creciente conectividad produce una mayor especialización, que nos permite a todos participar en la cadena global de suministro. A continuación viene la escala, donde los mensajes se transmiten por enormes redes, llegando a millones de personas en casi nada de tiempo. La cuarta es la replicación: «Las TIC permiten que procesos estandarizados, como por ejemplo la formación *online* o las especificaciones de una fabricación, alcancen lugares distantes de manera instantánea». La quinta es la responsabilidad. Hoy en día las nuevas plataformas facilitan auditar, monitorizar y evaluar, un desarrollo que ha permitido desde una democracia mejor, a la banca *online*, pasando por la telemedicina. La sexta es la capacidad de Internet para unir a compradores y vendedores –lo que Sachs llama «emparejamiento»– que, entre otras muchas cosas, es un elemento

básico de lo que el director de la revista *Wired*, Chris Anderson, denomina la economía de la «larga cola».* La séptima es el uso de las redes sociales para construir «comunidades de intereses», un hecho que ha llevado a todo tipo de cosas, desde Facebook a SETI@home. En octavo lugar está la educación y la formación, ya que las TIC han hecho que las aulas sean globales y, al mismo tiempo, permiten la actualización instantánea de los contenidos.

Obviamente, el mundo es un lugar significativamente mejor gracias a esas herramientas de cooperación, pero el impacto de las TIC no acaba con las nuevas maneras de difundir la información o compartir recursos materiales. Como descubrió Rob McEwen cuando fue a buscar oro en las montañas del noroeste de Ontario, las herramientas de cooperación también pueden crear nuevas posibilidades de compartir recursos mentales, y esto puede generar un impulso hacia una mayor abundancia mucho más importante.

Oro en las montañas Dem

Un elegante cincuentón canadiense, Rob McEwen,¹⁰ compró una dispar colección de compañías dedicadas a la minería del oro conocidas como Goldcorp en 1989. Una década después, había unificado esas compañías y estaba listo para expandirse, un proceso que quería iniciar mediante la construcción de una nueva planta de tratamiento del oro. Para determinar exactamente el tamaño de dicha planta, McEwen tomó la decisión lógica de preguntar a sus geólogos e ingenieros cuánto oro había en sus minas. Nadie lo sabía. Tenía en plantilla a los mejores profesionales que podía contratar y, sin embargo, ninguno de ellos pudo contestar a su pregunta.

Por la misma época, cuando asistía a un programa ejecutivo en la Sloan School del MIT, McEwen oyó hablar de Linux. Este sistema operativo de código abierto empezó en 1991, cuando Linus Torvalds,¹¹ por entonces un estudiante de veintiún años de la Universidad de Helsinki, envió un breve mensaje en Usenet:

* El autor hace referencia a la expresión acuñada en un célebre artículo publicado en 2004 en la mencionada revista y en el que se describía un nuevo modelo de negocio favorecido por Internet. El término *larga cola* también se utiliza en estadística. (*N. del T.*)

Estoy creando un sistema operativo (gratuito) (solo es un pasatiempo, no será potente y profesional como gnu)** por 386(486) clones de AT. Esto lleva cociéndose desde abril, y comienza a estar listo. Me gustaría cualquier comentario sobre lo que a la gente le gusta/no le gusta en minix...

Contestó tanta gente a este mensaje que la primera versión del sistema operativo estuvo lista en solo tres años. Linux 1.0 se puso a disposición del público en marzo de 1994, pero este no fue el final del proyecto, porque las ayudas siguieron llegando. En 2006, un estudio financiado por la Unión Europea evaluó el coste de renovación de la versión 2.6.8 de Linux en 1.140 millones de dólares. En 2008, los ingresos de todos los servidores, escritorios y paquetes de software que utilizaba Linux eran de 35.700 millones de dólares.

McEwen estaba atónito con todo esto. Linux tenía más de 10.000 líneas de códigos. No podía creer que cientos de programadores pudieran colaborar en un sistema tan complejo, y menos que la mayoría lo hiciera gratis. Regresó a las oficinas de Goldcorp con una idea extravagante: en lugar de pedir a sus propios ingenieros que estimaran la cantidad de oro que había bajo tierra, tomaría el activo máspreciado de su compañía –los datos geológicos que normalmente se guardan en la caja fuerte– y los pondría a disposición del público de manera gratuita. También decidió incentivar la participación tratando de ver si podía lograr los resultados de Torvald en un periodo de tiempo más reducido. En marzo de 2000, McEwen anunció el desafío Goldcorp:¹² «Muéstrame dónde puedo encontrar los siguientes seis millones de onzas de oro, y te pagaré 500.000 dólares».

Durante los siguientes meses Goldcorp recibió más de 1.400 peticiones de sus 400 megabits de datos geológicos. Al final, 125 equipos entraron en competición. Un año después, se había terminado. Se declaró vencedores a tres equipos. Dos eran de Nueva Zelanda y el tercero de Rusia. Ninguno había visitado nunca las minas de McEwen. Sin embargo, los instrumentos de cooperación se habían vuelto tan buenos y el deseo de utilizarlos tan maduro, que el oro que

** GNU, otro sistema operativo. Se respeta en la traducción la grafía propia de los mensajes en Internet, a efectos de mayúsculas, minúsculas y textos mal escritos. «Minix», más abajo, es un clon del sistema operativo Unix. (*N. del T.*)

señalaron estos equipos (por un coste de 500.000 dólares) valía miles de millones de dólares en el mercado.

Que McEwen no pudiera determinar la cantidad de mineral que tenía bajo tierra, indica que sufría de «escasez de conocimiento». Este es un problema común en nuestro mundo moderno. Sin embargo, las herramientas de cooperación se han vuelto tan poderosas que, una vez incentivadas adecuadamente, es posible poner en marcha a las mentes más brillantes para que se ocupen de los problemas más difíciles. Esto es fundamental, como señaló estupendamente Bill Joy, cofundador de Sun Microsystems:¹³ «No importa quién seas, la mayoría de la gente más inteligente trabaja para otros».

Nuestras nuevas capacidades de cooperación nos han proporcionado la aptitud de entender las cuestiones globales y de influir en ellas como nunca antes, multiplicando enormemente tanto nuestro ámbito de atención como de influencia. En la actualidad podemos trabajar todo el día con nuestras manos en California, y sin embargo pasar las noches dedicando nuestras neuronas a Mongolia. El profesor de comunicación de la Universidad de Nueva York, Clay Shirky, utiliza el término *excedente cognitivo*¹⁴ para describir este proceso. Lo define como «la capacidad de la población mundial para ofrecerse y contribuir y colaborar en proyectos grandes y a veces globales».

«Crear Wikipedia supuso cien millones de horas de trabajo voluntario»,¹⁵ dice Shirky. «¿Cómo podemos compararlo con otros usos del tiempo? Pues ver la televisión, que es el mayor uso del tiempo, supone 200.000 millones de horas cada año –solo en Estados Unidos. Para verlo en perspectiva, el tiempo dedicado a crear Wikipedia es equivalente a ver, cada fin de semana, en Estados Unidos, solo anuncios de televisión. Si olvidáramos nuestra adicción a la televisión solo durante un año, el mundo tendría más de un billón de horas de excedente cognitivo para comprometerse con proyectos compartidos». Imagínate lo que podríamos hacer por los grandes desafíos de la humanidad con un billón de horas dedicadas a ello.

Un Android barato

Hasta ahora hemos examinado las herramientas de la cooperación anclados en el pasado, pero lo que ya ha ocurrido no es equiparable

con lo que pronto llegará. Se puede afirmar que, debido a la naturaleza de la información, que se caracteriza por ser un bien no rival, la economía global más próspera se basa en el intercambio de esta. Pero esto solo es posible cuando nuestros mejores dispositivos para compartir la información –concretamente los móviles y portátiles, asequibles y conectados a Internet– se hacen globalmente disponibles.

Este problema ya se ha resuelto. A principios de 2011, la empresa china Huawei¹⁶ lanzó un teléfono inteligente y barato, basado en el sistema Android, a través del titán de las telecomunicaciones keniano Safaricom. En menos de seis meses las ventas se dispararon hasta más de 350.000 móviles, una cifra impresionante para un país en el que el 60 por ciento de la población¹⁷ vive con menos de dos dólares al día. Aún mejor que el precio son las más de 300.000 apps a las que tienen acceso ahora los usuarios, y si esto no fuera suficientemente espectacular, en otoño de 2011 el gobierno indio se alió con la compañía Datawind,¹⁸ con sede en Canadá, y anunció un tablet de siete pulgadas con un coste base de 35 dólares.

Dado que la tecnología que difunde la información ha sido tradicionalmente, las ideas que se han difundido han surgido normalmente de los países más ricos y dominantes, aquellas naciones con acceso a las tecnologías más potentes e innovadoras. Sin embargo, debido a las reducciones de coste asociadas con las curvas exponenciales de precio-rendimiento, estas reglas están cambiando rápidamente. Piensa en cómo este giro ha impactado en Hollywood. Durante la mayor parte del siglo xx, Tinseltown^{***} fue el nexo de unión del mundo del entretenimiento: tenía las mejores películas, las estrellas más rutilantes y una hegemonía en el mundo del entretenimiento sin rival en la historia. Pero en menos de veinticinco años, la tecnología digital ha cambiado las cosas. De media, Hollywood produce quinientas películas al año¹⁹ y alcanza una audiencia a nivel mundial de 2.600 millones de personas. Si la duración media de estas películas es de dos horas, entonces Hollywood produce mil horas de contenido por año. Por otra parte, los usuarios de YouTube²⁰ suben cuarenta y ocho horas de vídeos cada minuto. Esto quiere decir que cada veintiún minutos, YouTube proporciona más entretenimiento

*** Es otro término para referirse a Hollywood. (*N. del T.*)

nuevo que Hollywood en doce meses. ¿Y la audiencia de YouTube? En 2009 recibió 129 millones de visitas al día,²¹ así que en veintiún días YouTube llegó a más gente que Hollywood en un año. Dado que los creadores de contenidos en los países en vías de desarrollo son más que los de los países desarrollados, se puede decir que las herramientas de la cooperación han permitido finalmente a la auténtica mayoría silenciosa del mundo encontrar su voz.

Esa voz está siendo escuchada como nunca. «El desarrollo global de las TIC ha democratizado completamente las herramientas de la cooperación», dice Salim Ismail, director fundador ejecutivo de SU y actualmente su embajador global.²² «Vimos esto con gran alivio durante la Primavera Árabe. Las capacidades agregadas de autopublicación del hombre corriente permitieron una transparencia radical y transformaron el paisaje político. Conforme más y más gente aprende a utilizar estas herramientas, pronto comenzarán a aplicarlas a todo tipo de desafíos». Incluyendo, como veremos en el siguiente capítulo, la primera parada de nuestra pirámide de la abundancia: el desafío del agua.

Agua por agua

Peter Thum no pretendía convertirse en empresario social.¹ En 2001 era consultor de McKinsey & Company para un proyecto de agua embotellada en Sudáfrica, un país donde está teniendo lugar una crisis del agua. Todos los días veíamos a mujeres y niños recoger sus cántaros vacíos y partir hacia lo que a menudo eran trayectos de cuatro horas para llevar de vuelta suficiente agua para la supervivencia de sus familias. Una tarde, conduciendo por una carretera polvorienta y vacía a kilómetros y kilómetros del pueblo más cercano, Thum se cruzó con una mujer solitaria que se esforzaba por mantener su cántaro de casi veinte kilos en la cabeza. «Estábamos en medio de la nada», cuenta. «Estaba bastante claro que esta mujer había estado caminando durante mucho tiempo y que iba a seguir haciéndolo. Aunque había visto pruebas de la crisis del agua en Sudáfrica, en aquel momento se hizo patente: había que intentar resolver el problema».

Thum decidió que la manera más fácil de facilitar el cambio era relacionar el agua embotellada, que entonces se estaba convirtiendo en una de las mercancías más demandadas del mundo, con la escasez de agua, que estaba dando lugar a una de las mayores crisis de la humanidad. Regresó a Estados Unidos, se asoció con su antiguo amigo Jonathan Greenblatt, y crearon Ethos Water, una marca de agua embotellada de gama alta que donaría una parte de sus beneficios en ayudar a los niños del mundo para que tuvieran agua potable, y de esta manera elevar la concienciación en torno a la cuestión.

En 2005, Howard Schultz,² consejero delegado de Starbucks, decidió comprar Ethos y poner a la venta su agua en unas 7.000 tiendas de Estados Unidos. Con la ayuda de Starbucks, al donar cinco centavos por botella vendida a proyectos relacionados con el agua, Ethos ha logrado desde entonces subvenciones por valor de diez millones de dólares y ha proporcionado agua y servicios sanitarios a medio millón de personas.

Dicho todo esto, la crisis global del agua afecta a mil millones de personas,³ por lo que tenemos que ser claros: diez millones de dólares no va a resolverla. Pero la llegada de Ethos marcó un cierto punto de inflexión. Históricamente, dada la enorme cantidad de infraestructuras que requieren la mayoría de los proyectos del agua,⁴ este espacio ha estado dominado por instituciones del tipo del Banco Mundial. Ethos fue una de las primeras empresas que demostró que el espíritu empresarial social podía tener un papel relevante a la hora de enfrentarse a los desafíos del agua. La empresa también ayudó a elevar la conciencia en torno al asunto, y esto creó un efecto bola de nieve. En una década, el agua se había convertido en una categoría de máximo crecimiento para los empresarios sociales, y, como señala el inventor Dean Kamen,⁵ hay mucho terreno para crecer:

Cuando hablas con los expertos sobre desarrollar nuevas tecnologías para proporcionar agua potable al mundo en vías de desarrollo, te dicen que con 4.000 millones de personas que ganan menos de dos dólares al día no hay ningún modelo de negocio viable, no hay modelo económico y no hay manera de financiar los costes de desarrollo. Pero los veinticinco países más pobres ya gastan el 20 por ciento de su PIB en agua. Este 20 por ciento, unos treinta centavos, no es mucho, pero calcúlalo de nuevo: 4.000 millones de personas que gastan treinta centavos al día son 1.200 millones de dólares *cada* día. Son 400.000 millones al año. No puedo pensar en muchas empresas del mundo que tengan esa cifra de ventas anuales, y no necesitas un estudio de mercado para averiguar si existe una necesidad. Es agua. ¡Hay una necesidad!

Cubrir esa necesidad, por muy beneficioso que sea, no será fácil. La cuestión no es solo la cantidad de agua que se necesita para hidratarse y cubrir los servicios sanitarios, es que el agua está completamente

imbricada en nuestras vidas,⁶ entrelazada con casi todo lo que fabricamos o consumimos. El motivo por el que el 70 por ciento del agua mundial se utiliza para la agricultura⁷ es porque producir un huevo requiere más de 450 litros de agua.⁸ Una sandía, cuatrocientos litros. La carne está entre las mercancías más sedientas,⁹ ya que se necesitan casi 10.000 litros para producir medio kilo o, como explicó en una ocasión la revista *Newsweek*, «el agua que lleva un novillo de 450 kilos haría flotar un destructor».

El alimento es solo el principio. De hecho, todos los elementos de nuestra pirámide de la abundancia se ven afectados por cuestiones de hidrología. Más allá de la comida, la educación alcanza un récord, ya que se pierden 443 millones de jornadas escolares al año por culpa de enfermedades relacionadas con el agua.¹⁰ Se utilizan más de 130 litros para fabricar un microchip¹¹ –y solo una fábrica de Intel produce millones de chips cada mes–, así que la abundancia de información también sufre con el agua. Después está la energía, donde cada paso en la cadena de producción de electricidad hace del mundo un lugar más seco.¹² En Estados Unidos, por ejemplo, la energía necesita el 20 por ciento del agua que no va a la agricultura. En la cima de la pirámide, las amenazas para la libertad también se han correlacionado con la escasez de agua. En 2007, el profesor de economía de la Universidad de Berkeley Edward Miguel¹³ descubrió que «había encontrado pruebas convincentes de que unas buenas lluvias en África hacían que los conflictos fuesen menos probables». Hasta ahora estos conflictos han sido guerras civiles que han tenido lugar dentro de los países, pero unos doscientos ríos y trescientos lagos son compartidos por fronteras internacionales,¹⁴ y no todas las relaciones de vecindad son amistosas. (Israel y Jordania, por ejemplo, comparten el río Jordán.) Finalmente, 3,5 millones de muertes anuales por culpa de enfermedades relacionadas con el agua¹⁵ ponen de relieve de manera absolutamente clara los vínculos directos entre salud e hidratación.

Entre los elementos de nuestra pirámide de la abundancia, hay cuestiones medioambientales aún más problemáticas. Volvamos al agua embotellada por un momento. Cada año, los humanos consumimos 50.000 millones de litros de agua embotellada.¹⁶ Mucha de esa agua es lo que se conoce como «agua fósil»,¹⁷ lo que quiere decir que tardó decenas de miles de años en acumularse en acuíferos que

no se rellenan fácilmente. Pero el agua fósil también sostiene los ecosistemas más delicados del mundo. La sed de las modernas prácticas agrícolas e industriales y la propia industria del agua embotellada han llevado a estos sistemas hacia el borde de su desmoronamiento. No podemos arriesgarnos a que se degraden aún más. Dicho de forma sencilla: la falta de ecosistemas significa la falta de sus servicios, y esta sería una pérdida a la que nuestra especie no podría sobrevivir.

Por lo tanto, hacer frente a todas estas preocupaciones requerirá cada una de las herramientas de la caja. Nuestras prácticas agrícolas deben ser completamente modernizadas, y lo mismo hay que decir de las prácticas industriales. Necesitaremos dispositivos eficientes para la conservación del agua, soluciones novedosas para las infraestructuras y mucha honestidad para una población global que se encamina a los 9.000 millones de personas. Lo que realmente nos dice esta cifra es lo que necesitamos de manera perentoria: un cambio de dimensiones gigantescas. Con un 97,3 por ciento del agua del planeta demasiado salada como para consumirla, y otro 2 por ciento atrapado como hielo polar, un cambio del orden de magnitud necesario no debería producirse por pelearse por el 0,5 por ciento restante. Esto no quiere decir que debamos ignorar la conservación y la eficacia, pero si nuestro objetivo último es la abundancia, entonces se requiere un enfoque completamente nuevo. El agua dulce debe seguir el camino del aluminio, de ser uno de los recursos más escasos de la Tierra a uno de los más ubicuos. Lograrlo requiere un porcentaje significativo de innovación: el tipo de innovación que desencadena la ley de Moore –que, como pronto veremos, es exactamente lo que los innovadores del «hazlo tú mismo», como Dean Kamen, están poniendo sobre la mesa.

Dean contra Goliat

Dean Kamen es un físico autodidacta,¹⁸ multimillonario, empresario y –con 440 patentes y una Medalla Nacional de la Tecnología– uno de los grandes innovadores del «hazlo tú mismo» de nuestro tiempo. Como la mayoría de los «hazlo tú mismo», a Kamen le encanta resolver problemas. En los años setenta, cuando todavía estaba en la universidad, el hermano de Kamen (que entonces era estudiante

de medicina y actualmente es un prestigioso oncólogo pediátrico) le comentó que no había forma fiable de dar a los bebés dosis de medicinas pequeñas y regulares. Sin esa tecnología los niños tenían que soportar estancias prolongadas en los hospitales, y las enfermeras horarios inflexibles.

Así que a Kamen le picó la curiosidad. Comenzó a enredar. Una cosa llevó a otra, y en poco tiempo había inventado la primera bomba de infusión capaz de suministrar de forma segura dosis exactas de la misma medicina que antes requería supervisión hospitalaria las veinticuatro horas del día. Después, la miniaturización de la tecnología médica se convirtió en una especie de especialidad. En 1982, Kamen fundó DEKA Research and Development, que pronto creó una máquina de diálisis portátil¹⁹ del tamaño de un vídeo doméstico, para sustituir al modelo anterior, del tamaño de una lavadora. Después vinieron el iBot: una silla de ruedas motorizada que sube escaleras; el Segway, el intento de Kamen de reinventar el transporte local, y el brazo «Luke», un paso radical hacia el desarrollo de miembros protésicos.

A lo largo de todo este proceso, Kamen nunca perdió su interés por los desafíos de la diálisis. «Cada día», dice, «los pacientes de diálisis necesitan que se haga pasar casi veinte litros de agua esterilizada a través de su sistema. Obtener tanta agua limpia es complicado. A menudo significa mandar camiones de reparto a casa de los pacientes una vez a la semana, y llenar sus garajes de cientos de bolsas de agua esterilizada. Seguía pensando que tenía que haber una manera mejor de hacerlo».

La primera idea de Kamen fue reciclar el agua esterilizada, pero después de consultar con biólogos, se dio cuenta de que no había modo de filtrar de manera mecánica lo que el riñón elimina de forma natural. «Está el amoniaco, la urea, todas esas moléculas intermedias. Simplemente no puedes filtrar lo que elimina el riñón.» De modo que si no podía reciclarse el agua, había que encontrar la manera de que el agua del grifo fuera lo suficientemente limpia para ser inyectada.

La aventura requirió unos cuantos años más. «Resulta que pasar del agua potable al agua esterilizada utilizando filtros es imposible», explica. «Las membranas de ósmosis no funcionan. El tratamiento de referencia usaba agua pura, destilada y desionizada, pero no ha-

bía destiladores en miniatura que pudieran lograr esos estándares». Así que Kamen decidió fabricar uno. Desgraciadamente, después de realizar los cálculos se dio cuenta de que la cantidad de electricidad que se necesitaba para hacer funcionar incluso una unidad pequeña requería cambiar la instalación eléctrica de la mayoría de las casas.

Después se le ocurrió una locura: fabricar un destilador capaz de reciclar su propia energía. «Un par de años después, finalmente conseguimos esta pequeña caja que recuperaba el 98 por ciento de su energía y que producía una razonable cantidad de agua esterilizada. Lo probamos con todo tipo de aguas del grifo, y funcionó perfectamente. Era tan buena que no necesitábamos utilizar agua del grifo: podíamos usar en su lugar aguas grises. Después me di cuenta: si puedo conseguir que el agua gris sea lo suficientemente estéril para la inyección con el 98 por ciento de energía recuperada, ¿por qué no voy a tratar de optimizar un aparato para producir de veinte a cuarenta litros al día? Esa máquina podía ayudar a unas pocas decenas de miles de pacientes de diálisis. Pero si hacía una máquina diferente [con un rendimiento mayor] podía ayudar a unos miles de millones de personas. En vez de crear una alternativa para un problema mínimamente difícil [el suministro de agua], puedo evitar que la gente muera [por culpa de enfermedades relacionadas con el agua].»

Esa máquina distinta fue terminada en 2003.²⁰ Como era la tecnología que Kamen quería utilizar para acabar con el gigantesco problema de las enfermedades transmitidas por el agua, la llamó Slingshot, o sea ‘honda’, por el arma que David utilizó para vencer a Goliat. Tiene el tamaño de la nevera de un hotel, con un cable para conectar a la red, un tubo de goma de entrada, y otro de salida. Según el inventor: «Se mete el tubo de entrada en cualquier lugar húmedo –agua cargada de arsénico, agua salada, una letrina, los tanques de almacenamiento de una planta de reciclaje de residuos químicos; realmente, cualquier cosa húmeda– y lo que sale es agua inyectable farmacéutica cien por cien pura».

La versión actual puede purificar mil litros de agua al día utilizando la misma cantidad de energía que se necesita para hacer funcionar una secadora. La fuente de alimentación es una versión mejorada del motor Stirling, diseñado para quemar casi cualquier cosa. Después de más de seis meses de prueba sobre el terreno, en Bangladesh, el

aparato funcionaba perfectamente con boñigas de vaca y proporcionaba a los aldeanos suficiente electricidad para que cargaran sus móviles y tuvieran luz. Como Kamen quería utilizar el sistema en algunos de los pueblos más remotos de la tierra, también está diseñado para funcionar sin mantenimiento durante al menos cinco años.

«Funcionó mejor que bien»,²¹ dice Greenblatt, «porque el mundo está lleno de bombas de agua y purificadoras que no son sostenibles. Estaba en un pueblo de Etiopía que había fabricado una bomba de agua con piezas de bicicleta, y funcionaba porque, cuando se rompía, la gente podía arreglarla; podían conseguir repuestos de bicicleta. Ese es el tipo de cadena de suministro que es deseable».

Greenblatt no está solo en esta afirmación. Muchos creen que el agua es una cuestión de dinero y que se resolverá mejor localmente, y sin la ayuda de fanáticos de los aparatitos. Es una opinión basada en una visión retrospectiva. El último siglo vio titubear a gobiernos que buscaban una solución de alta tecnología y un remedio mágico. En el ínterin han muerto millones de personas, y el mundo está lleno de artilugios que o bien no están preparados para lo escabroso de la zona de despliegue o son imposibles de mantener porque las cadenas de suministro no llegan tan lejos. Dado que nadie se preocupó de tener por adelantado una discusión abierta, muchas de esas ideas brillantes tropezaban con barreras culturales. A Rob Kramer, director de Global Water Trust,²² le gusta contar una historia apócrifa de un proyecto de ampliación de una canalización en una remota región de África, donde la tubería que se llevó hasta medio kilómetro de un pueblo que lo necesitaba sufría constantemente actos vandálicos. «Resultó», dice, «que las cuatro horas cada dos días en que las mujeres iban a buscar agua era el único momento en que estaban lejos de sus maridos. Apreciaban este momento de intimidad, por lo que seguían sabotando la tubería».

Todos estos hechos son ciertos, pero pasan por alto otros. Por muy admirables que sean las piezas de bicicleta utilizadas con ingenio, no es una solución a largo plazo. La bomba hecha con piezas de bicicleta es una tecnología de transición, no distinta de los sistemas telefónicos con cable de cobre que condujeron a las redes 3G. Para llegar a la sostenibilidad a largo plazo seguimos necesitando soluciones rompedoras del tipo del Slingshot.

En segundo lugar, podemos aprender de nuestros errores. Sin

duda, la fastidiamos con el agua (y no solo en el mundo en vías de desarrollo: las infraestructuras en Estados Unidos son tan antiguas ²³ que sigue habiendo cañerías de madera bajo la ciudad de Filadelfia), pero la conciencia sobre el asunto está en su momento más alto, y gracias a la revolución inalámbrica, comunicamos las soluciones más prácticas antes que nunca. Además, ahora entendemos que el apoyo de la comunidad es el componente más importante para cualquier solución que tenga que ver con el agua; sin este apoyo todos estos esfuerzos serían vanos. También sabemos que las piezas deben tener una fácil disponibilidad, que los trabajadores de mantenimiento tienen que estar incentivados e, idealmente, que estas tecnologías se han de ensamblar y mantener localmente, y hemos aprendido que esto es cierto para cualquier solución, tanto de alta como de baja tecnología. Además, la idea de que las soluciones de alta tecnología no funcionarían en entornos rurales desapareció con los móviles. ¿Qué es de más alta tecnología que un móvil Nokia?, y sin embargo hay casi mil millones de ellos funcionando en toda África.

La energía y la financiación de las infraestructuras son las dos principales cuestiones, junto a la mayoría de las soluciones tecnológicas, que se plantean para solventar nuestros problemas con el agua. Con energía abundante, la mitad de este problema se soluciona. Cómo generaremos esa energía es un asunto que reservamos para un capítulo posterior, así que volvamos a la financiación. April Rinne, la directora de WaterCredit, dice: «En el ámbito del agua, el préstamo medio con microcréditos está entre doscientos y ochocientos dólares».²⁴ Actualmente, el coste de producir un solo Slingshot es de 100.000 dólares. Según Kamen, producirlos comercialmente, en grandes cantidades, haría bajar el coste hasta 2.500 dólares por unidad, más otros 2.500 para el motor Stirling que hace funcionar el aparato. Si el sistema realmente funciona durante cinco años, entonces el coste de producir mil litros de agua potable al día es de 0,002 dólares por litro. Aunque lo triplicaras para cubrir los intereses y la mano de obra, el precio de cinco litros sería de solo cuatro centavos, comparado con los actuales treinta centavos por el mismo suministro.

Sin embargo, Kamen ha encontrado otra manera de arreglarlo. Está negociando con Coca-Cola para construir, distribuir y, lo que es más importante, utilizar su enorme cadena de suministro (la mayor de África) para ayudar a mantener el Slingshot. «Este no es el final

del camino», dice. «Pienso que hay que involucrar a un tercer socio; alguien que haga que todo el proceso sea transparente, dándole seguridad y educando a la gente para su aplicación. Pero también pienso que Coca-Cola podría ponerlo en marcha, proporcionar la principal financiación, el principal canal de distribución, desarrollo, soporte, educación y mantenimiento. Sería como ir de compras a un solo sitio. Creo que todo lo que hay que hacer lo podrían hacer ellos».

Coca-Cola está de acuerdo en intentarlo.²⁵ En mayo de 2011, el mayor fabricante mundial de bebidas gaseosas puso en marcha una serie de Slingshot a modo de prueba. Su éxito podría representar la salvación de comunidades rurales en todas partes, pero hay límites. Según Kamen, el Slingshot está fabricado para cien personas. Varias máquinas podrían proporcionar agua para comunidades mucho mayores, pero no están diseñadas para un desarrollo urbano a gran escala ni pueden satisfacer nuestras necesidades agrícolas o industriales. Pero antes de que busquemos soluciones a estos problemas, examinemos cómo el Slingshot hace mella en otro problema fundamental que muchos tienen con la abundancia: nuestra actual explosión demográfica.

Profilaxis

Los maltusianos utilizan a menudo la palabra *cornucopianos*²⁶ para describir a los que cabildan a favor de la abundancia. No es una palabra amable. Una cuestión central en sus filosofías es el crecimiento de la población. Los cornucopianos piensan que el ritmo de crecimiento tecnológico superará al del crecimiento de población, y que resolveremos todos nuestros problemas. Los maltusianos, en cambio, creen que ya hemos superado la capacidad de carga del planeta, y que si continúa el crecimiento de la población sin restricción, nada de lo que inventemos será suficientemente potente para invertir el sentido de esos efectos. Pero la tecnología de Kamen proporciona un camino intermedio muy necesario.

El crecimiento de la población está vinculado directamente con la fertilidad.²⁷ Hoy la mayoría de los países desarrollados tienen tasas de fertilidad en (o por debajo de) el nivel de reemplazo —lo que quiere

decir que esa población es estable o decreciente. El problema está en los países en vías de desarrollo, donde el número de nacimientos es mucho mayor que el de defunciones, y no se trata de las ciudades. De hecho, la urbanización hace descender las tasas de fertilidad.²⁸ El problema es el campo, ya que la población más fecunda del planeta está entre los pobres del ámbito rural. Se necesitan muchas manos para desempeñar el trabajo en el campo, de modo que los agricultores tienen grandes familias. Pero quieren tener niños –normalmente un mínimo de tres. Su lógica es descorazonadora. Tres niños son deseables porque uno probablemente morirá, mientras que el segundo se quedará en casa para encargarse de la tierra, y se ocupará de los padres conforme envejezcan, así como para reunir el dinero suficiente para mandar al tercer hijo a la escuela, de modo que pueda conseguir un trabajo mejor y terminar con este ciclo. Así que la mortalidad infantil entre los pobres del medio rural es uno de los mayores factores que provocan el crecimiento de población,²⁹ y el agua contaminada a menudo es la raíz de este problema.

De los 1.100 millones de personas en el mundo que no tienen acceso al agua no contaminada, el 85 por ciento vive en el campo.³⁰ De los 2,2 millones de niños que mueren al año por beber agua contaminada, la inmensa mayoría también vive en el campo. Así pues, una máquina capaz de proporcionar agua potable a esas comunidades, al aumentar la salud y las tasas de supervivencia de los niños, en realidad reduciría la fertilidad allí donde más importa hacerlo. Más allá de ser un purificador de agua, el Slingshot es un planificador familiar extremadamente bien centrado en el colectivo al que se dirige: un profiláctico disfrazado de surtidor de agua.

Ganando espacio en la parte de abajo

Por muy bien que suene el Slingshot, la solución al agua no puede basarse en ninguna tecnología individual; más bien será una combinación de tecnologías forjadas para una combinación de necesidades. Una de ellas es la prevención de los efectos de las catástrofes. Incluso en el mundo desarrollado nuestros sistemas de prevención no se ajustan a la devastación que provocan los terremotos, los maremotos y las tormentas tropicales. Cuando el huracán Katrina golpeó

Nueva Orleans en 2005, se tardaron cinco días en llevar agua a los refugiados del Superdome.

Un ingeniero inglés llamado Michael Pritchard³¹ se quedó helado por el Katrina, menos de un año después de haberse quedado helado por el *tsunami* en Asia. Pritchard era experto en tratamiento de aguas, un asunto que está en el centro de ambas tragedias. No solo los supervivientes fueron incapaces de conseguir agua potable inmediatamente después del desastre, sino que la solución a este problema solo exacerbó los demás. «Tradicionalmente», dijo Pritchard al público de una conferencia TED,* «¿qué hacemos en una crisis? Mandamos agua. Después de unas pocas semanas establecemos campamentos, y obligamos a la gente a que vaya a esos campamentos para conseguir el agua potable. ¿Qué pasa cuando se congregan 20.000 personas en un campamento? Que se propagan las enfermedades, se necesitan más recursos y el problema simplemente se perpetúa».

Así que Pritchard decidió hacer algo. Unos años después, en 2009, había diseñado la botella Lifesaver (salvavidas). Con una bomba de mano en un extremo y un filtro en el otro, la botella no tiene aspecto de alta tecnología, pero ese filtro no se parece a ningún otro. Los investigadores de nanotecnología trabajan con escalas minúsculas, y las distancias son medidas en átomos. Una milmillonésima de un metro –un nanómetro, en jerga técnica– es su punto de partida. Antes de que apareciera Pritchard, los mejores filtros de agua de bombeo manual que había en el mercado llegaban hasta el nivel de doscientos nanómetros. Esto es lo suficientemente pequeño como para capturar la mayoría de las bacterias, pero los virus, que son considerablemente más microscópicos, se seguían colando. Así que Pritchard diseñó una membrana con poros de quince nanómetros de ancho. En cuestión de segundos elimina todo lo que hay que eliminar: bacterias, virus, parásitos, hongos y otros patógenos transmitidos por el agua. Un filtro dura lo suficiente como para producir 6.000 litros de agua, y el sistema se cierra automáticamente cuando caduca el cartucho, impidiendo de ese modo que el usuario pueda beber agua contaminada.

Lifesaver se diseñó para ayudar en situaciones catastróficas, pero ¿por qué esperar? Una versión de este sistema en forma de bidón

* TED responde a las siglas Technology, Entertainment and Design, y son un conjunto de conferencias organizadas por la Fundación Sapling para difundir las ideas que lo merecen. (*N. del T.*)

produce 25.000 litros de agua –lo suficiente para una familia de cuatro miembros durante tres años. Mejor aún, hacerlo funcionar cuesta medio centavo al día. «Por 8.000 millones de dólares», dice Pritchard, «podemos alcanzar los Objetivos del Milenio de reducir a la mitad la cantidad de gente sin acceso a agua potable... Por 20.000 millones, todo el mundo tendría acceso a agua potable».

Lifesaver es solo el principio. La industria de la nanotecnología se está disparando.³² Entre 1997 y 2005, sus inversiones crecieron desde 432 hasta 4.100 millones de dólares, y la National Science Foundation predice que alcanzarán un billón en 2015.³³ Estamos entrando en la era de la fabricación molecular y, cuando trabajas a esa escala, cambiar de sitio los átomos lleva a propiedades físicas completamente nuevas.

Por volver al agua, actualmente hay nanomateriales que tienen una creciente afinidad, capacidad y selectividad para los metales pesados,³⁴ entre otros contaminantes. Esto significa que los metales pesados son atraídos por esas partículas y estas pueden transformar mejor estos metales en compuestos menos nocivos, ayudando de ese modo a limpiar vías de agua polucionadas, acuíferos contaminados y lugares Superfund.**

Mientras tanto, investigadores de IBM y de la compañía con sede en Tokyo Central Glass³⁵ han desarrollado un nanofiltro capaz de eliminar tanto la sal como el arsénico, algo que era, hasta hace bastante poco, imposible de llevar a cabo. En el frente de la higiene,³⁶ actualmente los sanitarios se están fabricando con nanomateriales que se limpian a sí mismos y que desatascan y eliminan la corrosión; mientras que las cañerías de cierre automático, basadas en nanomateriales y que reparan las fugas de manera autónoma, están mucho menos desarrolladas. En la frontera salvaje, el científico alemán Helmut Schulze e investigadores de DIME Materiales Hidrofóbicos,³⁷ una empresa con sede en los Emiratos Árabes Unidos, tienen una idea sacada directamente de *Dune*. Han desarrollado una arena hidrofóbica basada en la nanotecnología. Con un grosor de diez centímetros, situada debajo de la capa superficial del desierto, desciende

** Nombre coloquial para referirse a los peores lugares con desechos tóxicos de Estados Unidos, recogidos en una ley de 1980 que se propone limpiarlos. En algún momento 11 millones de estadounidenses vivían a menos de dos kilómetros de alguno de esos sitios. (*N. del T.*)

la pérdida de agua en un 75 por ciento. En Oriente Medio, donde el 85 por ciento de toda el agua se usa para regar, este sistema puede emplearse tanto en los cultivos como en combatir la desertificación.

Con un 40 por ciento de toda la población mundial viviendo en una franja de cien kilómetros de la costa,³⁸ la combinación de nanotecnología y desalinización supone una promesa aún mayor. Actualmente, la mayoría de las 7.000 plantas desalinizadoras que hay en el mundo dependen de la desalinización termal³⁹ (que a menudo se llama «destilación flash») o de la ósmosis inversa. La primera consiste en hervir agua y condensar el vapor, mientras que la segunda hace pasar el agua a través de membranas semipermeables. Ninguna de ellas es la solución que necesitamos.

La desalinización térmica consume demasiada energía para un despliegue a gran escala (unos ochenta megavatios hora por megalitro) y la salmuera que genera contamina los acuíferos y es devastadora para la fauna acuática. Por otra parte, la ósmosis inversa utiliza comparativamente menos energía, pero pueden seguir colándose toxinas como el boro y el arsénico, y las membranas se taponan con frecuencia, reduciendo la vida útil del filtro. Pero la compañía con sede en Los Ángeles, NanoH₂O,⁴⁰ apareció en la lista de 2010 de Cleantech 100 gracias un filtro novedoso que utiliza un 20 por ciento menos de energía y, al mismo tiempo, produce un 70 por ciento más de agua.

Por supuesto que podríamos seguir así el resto del libro. Hay docenas y docenas de nanotecnologías actualmente en desarrollo que tendrán un impacto en el agua, y por cada asombrosa solución de nanotecnología, hay un avance equivalente en biotecnología. Por cada solución de biotecnología, hay una solución de reciclado de aguas residuales igualmente fascinante. Pero muchos creen que la línea de desarrollo más prometedora ni siquiera está en el terreno del agua, sino en las metatecnologías que rodean ese ámbito.

La red inteligente para el agua

Cuando el «Científico Distinguido»⁴¹ de IBM y director de tecnología de Big Green Innovations, Peter Williams, dice: «La mayor oportunidad con el agua no es el agua: es la información», de lo que está hablando es del derroche. Ahora mismo, en Estados Unidos, el

70 por ciento del agua se utiliza en la agricultura y, sin embargo, el 50 por ciento de la comida producida acaba en la basura. El 5 por ciento de la energía se dedica al bombeo de agua, pero el 20 por ciento de esa agua se pierde por culpa de los agujeros en las cañerías. «Los ejemplos son innumerables», dice Williams, «el resultado es siempre el mismo: muéstrame un problema de agua y yo te mostraré un problema de información».

La solución a este problema de información es crear unas redes inteligentes para todos nuestros sistemas de almacenamiento de agua, lo que se ha llamado «La red inteligente del agua». El plan es colocar todo tipo de sensores, de contadores inteligentes y automáticos mediante inteligencia artificial en nuestras cañerías, alcantarillas, ríos, lagos, embalses, bahías y, en última instancia, mares. Mark Modzelewski,⁴² director ejecutivo de Water Innovations Alliance, cree que una red inteligente podría ahorrar entre el 30 y el 50 por ciento en el uso total de agua de Estados Unidos.

IBM piensa que la red inteligente del agua⁴³ valdría 20.000 millones de dólares en los próximos cinco años, y la empresa está decidida a empezar desde cero. En la cuenca del Amazonas se ha asociado con Nature Conservancy⁴⁴ para crear un nuevo modelo informático que permite a los usuarios prever los comportamientos de las cuencas fluviales y tomar decisiones sensiblemente mejores sobre problemas que actualmente son irresolubles, como determinar anticipadamente si talar un bosque río arriba destruirá los bancos de peces en la divisoria de aguas río abajo. En Irlanda, IBM se ha asociado con el Marine Institute for the Smart Bay Project para monitorizar el tipo de olas, los niveles de polución y la vida marina en la bahía de Galway. También hay un proyecto «dique inteligente» en Holanda, una mejora analítica del sistema de alcantarillado en Washington DC, y varias docenas de esfuerzos adicionales dispersos por el mundo.

Otras empresas les han imitado. Desde Detroit, Hewlett-Packard ha puesto en marcha un sistema de medición inteligente⁴⁵ que ya ha aumentado la productividad en un 15 por ciento. En el terreno académico, investigadores de la Universidad Northwestern de Chicago han creado una «cañería inteligente»⁴⁶ –un dispositivo con múltiples nanosensores que miden todo, desde la calidad hasta el flujo de agua. A escala internacional los esfuerzos también están aumentando. España acaba de instalar, en su territorio, un sistema de irrigación asis-

tido por ordenadores⁴⁷ diseñado para ahorrar a los campesinos el 20 por ciento de los 900.000 millones de litros de agua que utilizan al año.

La irrigación asistida por ordenador es una subcategoría de la «agricultura de precisión»,⁴⁸ que es una parte muy importante del potencial de la red inteligente. La gama completa mezcla la irrigación asistida por ordenador con el rastreo por GPS y las tecnologías de control remoto para conseguir más producción por cada gota adicional de agua. Esta combinación permite a los campesinos saber todo lo que pasa en sus campos: temperatura, transpiración, contenido de humedad en el aire y en el suelo, predicción del tiempo, cuánto fertilizante y cuánta agua se han aplicado a cada planta, etc. Un insostenible 70 por ciento del agua de la tierra se está utilizando actualmente para cultivar alimentos. «Con la agricultura de precisión», dice Doug Miell, un consultor en la gestión del agua que asesora al estado de Georgia, «los campesinos pueden reducir entre un 35 y un 40 por ciento el consumo de agua, y aumentar sus cosechas en un 25 por ciento.»

Los ahorros masivos de los que hemos hablado en este epígrafe son el punto de partida de la discusión, no su conclusión final. Una vez que nuestras plantas de tratamiento de agua se conviertan en una red inteligente, el agua se convertirá realmente en una ciencia de la información, vinculándose de este modo a la marea ascendente del crecimiento exponencial. Lo que se está discutiendo como la red de agua inteligente es realmente un desarrollo de nivel beta. La red engendrará el siguiente y el siguiente, y –como los seres humanos somos muy malos anticipando los resultados del crecimiento exponencial– realmente no se puede decir dónde acabará esto exactamente. Sin embargo, sí hay una cosa segura: será un lugar con mucha más agua.

Resolver el problema de las aguas fecales

Hay un debate abierto: ¿quién inventó el retrete moderno? Fuentes apócrifas sostienen que fue Thomas Crapper,⁴⁹ un fontanero inglés del siglo XIX, pero la historia verdadera comienza mucho antes. En Occidente, y aunque su tecnología nunca fue comercializada, se le concede el mérito a sir John Harington,⁵⁰ que inventó el retrete en

1596 para su madrina, la reina Isabel I. En Oriente, la innovación se remonta mucho más atrás. Los arqueólogos han sacado a la luz recientemente una letrina de la dinastía Han⁵¹ que data de 206 a. C. Este artilugio chino con dos mil cuatrocientos años de antigüedad, compuesto por una palangana de piedra y un reposabrazos, unidos a un suministro de agua corriente, parece completamente moderno, y ese es el problema: que cuando se trata de fontanería doméstica no ha habido muchos cambios en un periodo muy largo de tiempo.

Pero imagina las mejoras potenciales. Imagina retretes que no necesiten infraestructura,⁵² sin cañerías bajo el suelo, sin sistemas de drenaje bajo el césped, sin alcantarillado bajo el edificio. Estos retretes anexos a los edificios pulverizan y queman las heces, evaporan instantáneamente la orina y lo convierten todo en estéril durante el proceso. Aunque en lugar de eliminarlo todo, estos retretes fabrican paquetes de urea (para fertilizar), sal de mesa, agua potable y suficiente energía como para cargar el móvil mientras defecas, en caso de necesidad. Conecta estos retretes a una red inteligente, y la electricidad puede ser vendida a la compañía eléctrica, haciendo que sea el primer momento de la historia en que a alguien le hayan pagado por hacer sus necesidades. Como componente final, haz todo esto con un coste para el consumidor de cinco centavos diarios. En este caso no se trata de una mejora, sino de una revolución.

También es el objetivo de un programa recién anunciado por la Fundación Bill & Melinda Gates.⁵³ Ocho universidades han recibido fondos para ayudar a llevar la tecnología del retrete al siglo XXI, que es como Lowell Wood se vio involucrado en este esfuerzo. Wood no es el típico experto en cuestiones de saneamientos. Es astrofísico en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, con enorme experiencia en fusión termonuclear, ingeniería computerizada, láseres de rayos X y, lo que le hizo famoso, el programa de defensa de misiles Guerra de las Galaxias del presidente Ronald Reagan.

«El impulso del proyecto Gates», dice Wood, «es modernizar un sistema que realmente no ha evolucionado en ciento treinta años, desde la Inglaterra victoriana. En el mundo en vías de desarrollo, donde las aguas fecales provocan muertes y enfermedades terribles, obviamente esto salvaría millones y millones de vidas, pero en el mundo desarrollado, tres cuartas partes de la factura del agua es el coste de evacuar los residuos y de gestionar las plantas de tratamien-

tos de las aguas residuales. Así que el objetivo es resolver ambos problemas: encontrar un modo de que, cuando la gente vaya al baño, esto no implique ningún gasto en agua corriente o en tratamiento de residuos, y al mismo tiempo hacer que los residuos humanos sean completamente inofensivos».

Esto puede sonar a fantasía, pero no se necesita ninguna magia. «Puedes quemar las heces y utilizar esa energía para limpiar completamente la orina, convirtiéndola en agua y sólidos», explica Wood. «Hay más de un megajulio diario de energía en las heces humanas, lo cual es suficiente para hacer todo lo que hay que hacer en el baño, quedando una parte para cargar los móviles y para encender las luces, y ya tenemos la tecnología; literalmente podemos hacerlo con piezas que ya existen. El mayor desafío es que tiene que hacerse a un coste de cinco centavos al día, porque esto es lo disponible en el mundo en vías de desarrollo».

Las ventajas de este retrete son casi incalculables. Para empezar, eliminar las heces humanas de la ecuación resuelve una parte enorme de la carga de enfermedades globales (lo que también frena el crecimiento de la población). Hacerlo de forma repartida (de modo que no requiera una inversión masiva inicial en infraestructuras) y positiva en el balance neto del agua y la energía hace que esta tecnología sea radicalmente rompedora. Además, su eficiencia proporciona ahorros muy necesarios. Los retretes representan un 31 por ciento del uso total de agua en Estados Unidos.⁵⁴ La Agencia de Protección Ambiental de ese país estima que se pierden por fugas 4.730 millones de litros de agua al año⁵⁵ —el consumo anual conjunto de Los Ángeles, Miami y Chicago— en las casas estadounidenses, siendo los retretes la mayor fuente de derroche. Finalmente, además de las heces y la orina, este tecnorretrete procesa todos los residuos orgánicos, incluyendo las sobras de la mesa, los rastrojos del jardín y los desperdicios agrícolas, cerrando de este modo todos los ciclos, mientras que proporciona a las familias todo el agua que puedan necesitar.

El punto azul pálido

En 1990, en uno de los actos más célebres de una carrera extremadamente insigne, el astrónomo Carl Sagan decidió que sería interesan-

te⁵⁶ que la nave espacial Voyager 1, después de completar su misión en Saturno, diese la vuelta y tomase una foto de la Tierra. Vista a través de esa enorme distancia, la Tierra es intrascendente, una manchita anodina entre otras manchitas –o, como dijo Sagan, «una mota de polvo suspendida en un rayo de sol». Pero es una mota azul; de ahí el famoso nombre de la fotografía: «un punto azul pálido».

Nuestro planeta es un punto azul pálido porque es un mundo acuoso; dos terceras partes de su superficie están cubiertas de mares. Esos mares son nuestra columna vertebral y nuestro elemento vital. No hay duda de que mil millones de personas carecen de acceso a agua potable, pero nuestros océanos guardan el secreto de un futuro mejor. Por volver a un tema anterior: la abundancia no es una visión «cornucopiana». Mientras que las innovaciones que acabamos de explorar comparten el potencial de aprovechar estos océanos –reciclar su contenido y cambiar su química, proporcionándonos todo el agua que necesitamos y algo más–, esto no ocurrirá de manera automática. Tenemos mucho trabajo por delante. Sin embargo, dado que estas tecnologías eficientes en el uso del agua están todas en curvas de crecimiento exponencial, representan el mayor multiplicador disponible. Son el camino más fácil de A a B, pero –y se trata de un «pero» muy importante– seguimos teniendo que comprometernos a andar el camino.

De su famosa fotografía, Sagan dijo en una ocasión: «Esta imagen distante de nuestro pequeño mundo... subraya nuestra responsabilidad para comunicarnos entre nosotros de manera más amable, y para preservar y valorar este punto azul pálido, el único hogar que hemos conocido». No podríamos estar más de acuerdo. Así que, hoy en día, ahora mismo, sé eficiente, dúchate menos tiempo, come menos carne, haz todo lo que puedas para preservar nuestros actuales recursos limitados. Pero tienes que saber que mañana hay una posibilidad muy real de un mundo desbordante de agua, y poner nuestras energías detrás de los factores exponenciales nos sitúa en la vía rápida para alcanzarlo. Las tecnologías que hemos explorado en este capítulo y las investigaciones que representan son la mejor manera de preservar el único hogar que hemos conocido: este punto azul pálido.

Alimentar a 9.000 millones

El fracaso de la fuerza bruta

Se ha dicho que alimentar a los hambrientos es el objetivo filantrópico más antiguo de la humanidad, pero eso no quiere decir que nos hayamos vuelto buenos al respecto. Según la ONU, actualmente hay 925 millones de personas que no tienen suficiente para comer.¹ Esto representa casi uno de cada siete de nosotros, y los jóvenes son las víctimas más visibles. Cada año mueren 10,9 millones de niños², la mitad por cuestiones relacionadas con la malnutrición. En los países en vías de desarrollo, uno de cada tres niños presenta retrasos en su crecimiento provocados por la malnutrición. La deficiencia de yodo es la principal causa individual del retraso mental y del daño cerebral; la falta de vitamina A mata a un millón de niños anualmente, y aquí es donde estamos hoy en día, ahora mismo, antes de que la población mundial aumente en miles de millones, antes de que el calentamiento global reduzca la superficie cultivable, es decir, antes de que un problema que ya es inconmensurable se convierta en inenarrable.

Dicho esto, la situación nos recuerda la historia de dos vendedores de zapatos ingleses en torno a 1900. Ambos van a África a explorar nuevos mercados. Después de una semana, los dos escriben una carta a su casa. El primer vendedor informa: «Las perspectivas son terribles, aquí nadie lleva zapatos. Me marché en el siguiente barco que zarpe». Pero el segundo piensa de modo diferente: «El lugar es

increíble. El potencial de mercado es casi ilimitado. Nunca me iré de aquí». Dicho en otras palabras, cuando se trata de comida, hay una gran oportunidad de mejora.

Durante los últimos cien años, la agricultura ha sido básicamente una ecuación de fuerza bruta.³ Primero industrializamos nuestras granjas, después hicimos lo propio con nuestra comida. Vertebramos nuestra producción de comida y sus sistemas de distribución con productos petrolíferos. Hoy en día cuesta diez calorías de petróleo producir una caloría de alimentos.⁴ En un mundo que se enfrenta a la escasez de energía, solo esto hace que el proceso sea insostenible. Los sistemas de irrigación han secado nuestras reservas. Los mayores acuíferos, tanto de China como de la India,⁵ casi han desaparecido, dando como resultado cuencas polvorientas⁶ mucho peores que las que padeció el Medio Oeste norteamericano en los años treinta del siglo pasado. Los herbicidas tóxicos y los pesticidas han destruido nuestros canales.⁷ Los residuos líquidos procedentes de los fertilizantes cargados de nitrógeno han convertido nuestras aguas costeras en zonas muertas⁸ de manera tan grave que Estados Unidos, un país rodeado de océanos, ahora tiene que importar el 80 por ciento del pescado que consume.⁹

Pero incluso esta extraña práctica no puede durar. Las modernas técnicas de pesca son otra faceta de esta ecuación de la fuerza bruta. La pesca de arrastre destruye más de quince millones de kilómetros cuadrados de fondo marino cada año¹⁰ —esta es la superficie aproximada de Rusia—. Así que olvídate de la importación de pescado. Un informe de 2006 en la revista *Science*, escrito por un grupo internacional de ecologistas, mostró que al ritmo actual de explotación el mundo se quedará sin pescado en 2048.¹¹

Además, también parece que estamos agotando el potencial de muchas de las tecnologías¹² que han producido los mayores beneficios en la producción de alimentos durante el último medio siglo. Según Lester Brown, fundador del Instituto Worldwatch y también del Instituto Earth Policy: «La última década ha contemplado la aparición de otro freno en el crecimiento de la productividad global de la agricultura: la decreciente acumulación de tecnologías sin explotar. Japón, por ejemplo, ha utilizado prácticamente todas las tecnologías disponibles, y la producción de arroz no ha crecido durante catorce años. Corea del Sur y China se enfrentan a situaciones simi-

lares. La producción de trigo de Francia, Alemania y Gran Bretaña, los tres países que suman una octava parte de la producción mundial, también se ha estancado, y los cultivos industriales han dejado a los países más pobres en una situación aún más precaria». Al hablar de la región del Punjab en India –a la que muchos aseguran que la Revolución Verde transformó de un «cuenca para pedir limosna» en una «cesta de pan»–, el célebre experto en medio ambiente Vandana Shiva¹³ señala: «Lejos de traer la prosperidad, dos décadas de Revolución Verde han dejado el Punjab lleno de descontento y violencia. En lugar de la abundancia, el Punjab está acosado por suelos enfermos, cosechas infectadas, desiertos anegados y campesinos endeudados y descontentos».

Sin embargo, a pesar de toda esta devastación, el siglo pasado también ha visto un cambio milagroso en nuestra capacidad para producir alimentos. Hemos logrado alimentar a más personas utilizando menos espacio que nunca. Actualmente cultivamos el 38 por ciento de toda la tierra del planeta.¹⁴ Si las tasas de producción se hubieran mantenido tal como eran en 1961, hubiéramos necesitado el 82 por ciento para producir la misma cantidad de alimentos. Esto es lo que ha hecho posible la intensificación de la agricultura mediante el uso de productos petroquímicos. El desafío que tenemos delante es sustituir esta fuerza bruta insostenible por un abordaje mucho más matizado. Si podemos aprender a trabajar con nuestros ecosistemas en lugar de llevárnoslos por delante, y simultáneamente optimizamos nuestros cultivos y sistemas alimentarios, podríamos encontrarnos fácilmente en el lugar del segundo vendedor de zapatos: con un mercado abierto y con un potencial infinito.

Cocinar para 9.000 millones

Muchos piensan que la cuestión de cómo mejorar nuestros cultivos ha sido reducida a un sistema binario –OGM (organismos genéticamente modificados) o no OGM. Sinceramente, esa ya no es la cuestión. En 1996 había 1,7 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos¹⁵ en el mundo; en 2010 se había incrementado hasta 148 millones. Esta multiplicación por 87 en la cantidad de hectáreas convierte las semillas creadas mediante ingeniería genética en la tecnología

agrícola adoptada más rápidamente. Hablando en serio, ese caballo ya ha salido del establo.

Además, la idea de que los cultivos con semillas genéticamente modificadas son el Frankenstein de los alimentos es, por ser directo, ridícula. Se basa en la suposición de que hay algo natural en la agricultura. Por muy idílico que parezca, la labranza es simplemente una manera de optimizar el almuerzo con doce mil años de antigüedad.¹⁶ De hecho, como explica Matt Ridley:

Casi por definición, todas las plantas que se cultivan están «modificadas genéticamente». Son monstruos mutantes capaces de producir semillas artificialmente grandes o frutas jugosas y dulces que dependen de la intervención humana para sobrevivir. Las zanahorias son de color rojizo gracias a la selección de una mutación descubierta quizá en una fecha tan tardía como el siglo XVI en Holanda. Los plátanos son estériles e incapaces de tener semillas. El trigo tiene tres genomas diploides (dobles) completos en cada una de sus células, descendientes de tres hierbas silvestres diferentes, y simplemente no pueden sobrevivir como plantas silvestres —nunca te encontrarás trigo silvestre.

El linaje de la agricultura es el de unos seres humanos cambiando el ADN de las plantas. Durante un tiempo muy largo, el cruce fue el método preferido, pero entonces llegó Mendel y sus guisantes. Conforme empezamos a entender cómo funciona la genética, los científicos intentaron todo tipo de técnicas salvajes para inducir mutaciones. Bañamos semillas en cancerígenos y las bombardeamos con radiación, a veces dentro de reactores nucleares. Hay por ahí más de 2.250 de esos mutantes; la mayoría tienen el certificado de «orgánicos».

Por otra parte, la ingeniería genética nos permite ser más precisos en nuestra búsqueda de nuevas características. Por primera vez en la historia de la producción de plantas, las herramientas de la ingeniería genética nos permiten entender qué es lo que estamos haciendo. Esta es la diferencia real. Ese es el motivo de todo el alboroto que se ha producido: un cambio radical en la calidad y cantidad de información de que disponemos, un salto desde la evolución por selección natural a la evolución por decisión inteligente.

Esto no quiere decir que no se estén desarrollando técnicas in-

terésantes de optimización de semillas, al margen de la ingeniería genética. El Instituto de la Tierra, con sede en Kansas,¹⁷ está tratando de conseguir que cosechas anuales como el trigo o el maíz se conviertan en plantas perennes. Los resultados podrían ser fantásticos. Los ecosistemas naturales son mucho mejores que los sistemas agrícolas gestionados por el hombre a la hora de convertir la luz del sol en un tejido vivo. Las plantas perennes –y principalmente las de policultura (es decir una mezcla de plantas perennes que crecen unas al lado de otras)– sostienen estos ecosistemas. Estas plantas tienen raíces largas y arquitecturas diversas, lo que las hace resistentes al clima, a los pesticidas y a las enfermedades, y son capaces de producir más biomasa por hectárea que la agricultura humana sin requerir el uso de ningún combustible fósil o degradar la tierra y el agua. Es una cuestión de tiempo. El Instituto de la Tierra piensa que le llevará otros veinticinco años conseguir que estas plantas den buenos resultados y sean productivas. Mientras tanto, los biocultivos ya están aquí.

Además, después de treinta años de investigación, muchos de nuestros miedos hacia la ingeniería genética se han disipado.¹⁸ Las preocupaciones por la salud parecen una fantasía imposible. Se han servido más de un billón de comidas con alimentos producidos con ingeniería genética y no se ha dado un solo caso de enfermedad generada por dicha técnica. Las semillas no requieren que se are la tierra, por lo que la estructura de la tierra permanece intacta. Esto frena la erosión, mejora la absorción de carbono y la filtración de agua, y reduce de forma masiva la cantidad de productos petroquímicos en el cultivo de nuestra comida. El uso de herbicidas también está descendiendo, mientras que la producción aumenta cada vez más.

«Cuando los campesinos de la India adoptaron el algodón Bt en 2002», escribe Stewart Brand en *Whole Earth Discipline: An Ecopragmatist Manifesto*, «la nación pasó de ser importadora a exportadora de algodón, de 17 millones a 27 millones de fardos. ¿Cuál fue el coste social de esto? El principal acontecimiento fue que el algodón Bt aumentó la producción en un 50 por ciento y disminuyó el uso de pesticidas en un porcentaje similar, y los ingresos totales de los cultivadores pasaron de 540 a 1.700 millones de dólares».

Este es un informe sobre los progresos presentes. La parte agrícola de la industria de la biotecnología¹⁹ crece un 10 por ciento anual; la propia tecnología lo hace siguiendo una pauta aún más rápida. En

2000, cuando se secuenció el genoma de la primera planta, fueron necesarios siete años de investigación, setenta millones de dólares y quinientas personas. El mismo proyecto, actualmente, supone tres minutos y cuesta unos cien dólares. Esto es una buena noticia. Más información significa unos enfoques mejor dirigidos. Ahora mismo estamos disfrutando de la primera generación de cultivos de ingeniería genética; pronto tendremos versiones que puedan crecer en condiciones de sequía o salinas, y cultivos reforzados nutricionalmente, o que actúan como medicinas, que aumentan la producción y que reducen el uso de pesticidas, herbicidas y combustibles fósiles. Los mejores diseños harán muchas de estas cosas a la vez. El esfuerzo de la Fundación Gates, BioCassava Plus,²⁰ tiene como objetivo tomar mandioca, uno de los mayores cultivos básicos en el mundo, reforzarla con proteínas, vitaminas A y E, hierro y cinc; reducir su contenido natural de cianuro, hacerla resistente a los virus, y poder almacenarla durante dos semanas (en vez de un día). En 2020, este cultivo modificado genéticamente podría mejorar de manera radical la salud de los 250 millones de personas para las que constituye su comida diaria.

Sin embargo, existen problemas con la ingeniería genética. Nadie quiere ver cómo unas pocas empresas controlan el suministro de alimentos en el mundo, así que la propiedad de las semillas es una verdadera preocupación. Pero esto no va a durar. Tal como el equipo formado por una mujer y su marido,²¹ ella la patóloga de plantas Pamela Ronald y él el experto en agricultura orgánica Raoul Adamchak –ambos de la Universidad de California en Davis– describieron en su libro *Tomorrow's Table: Organic Farming, Genetics, and the Future of Food*: «Es [la ingeniería genética] una tecnología relativamente simple que los científicos en la mayoría de países, incluyendo muchos en vías de desarrollo, han perfeccionado. El producto de la ingeniería genética, una semilla, no requiere ni mantenimiento ni unas habilidades agrícolas especiales». Esto significa que la ingeniería genética ya podría ser democrática, suponiendo que podamos aprender a compartir la propiedad intelectual. Esto no ha ocurrido todavía (o al menos no en una medida importante), pero en una conferencia reciente en la Fundación Long Now, el autor y activista a favor de la comida orgánica, Michael Pollan, apeló a la libre circulación de la información en relación con los cultivos de ingeniería genética. Stewart Brand está de acuerdo, argumentando que «si Monsanto se cabrea, díles que si

son educados, puedes devolverles la patente de su selección genética a la que has hecho pequeños ajustes locales».

Pero incluso con cultivos con ingeniería genética de libre disposición, alimentar al mundo no consiste simplemente en la parte productiva de la ecuación: también hay que tener en cuenta el tema de la distribución. Así que considéralo de este modo: vivimos en un planeta en el que casi mil millones de personas pasan hambre y, sin embargo, ya producimos más que suficiente comida como para alimentar al mundo entero. Según el Instituto para la Comida y las Políticas de Desarrollo/Primero la Comida,²² se producen casi dos kilos por persona y día: un poco más de un kilo de grano, alubias y frutos secos; alrededor de medio kilo de carne, leche y huevos, y otro tanto de frutas y verduras. Muchos piensan que el problema es el increíble derroche de nuestro sistema de distribución, y aunque esto es cierto, si realmente nos tomamos en serio alimentar a todo el mundo, la solución no es encontrar nuevos modos de transportar la comida de manera más eficiente. Ha llegado el momento de transportar las propias explotaciones agrícolas.

Agricultura vertical

Esta no es la primera vez que nos hemos visto obligados a cambiar las explotaciones agrícolas de lugar. Al final de la Segunda Guerra Mundial,²³ el ejército de Estados Unidos tenía problemas para alimentarse. También esto era un problema de distribución. Con tropas repartidas por todo el mundo, no solo era prohibitivamente caro transportar bienes perecederos de acá para allá, sino que también los barcos de suministros tendían a ser presa fácil de los ataques de los submarinos. La respuesta obvia fue cultivar los alimentos localmente, pero con soldados estacionados en islas baldías del Pacífico y en áridos desiertos de Oriente Medio, el suelo fértil no era fácilmente accesible. Pero ¿quién necesita tierra cuando hay agua?

La idea de cultivar en agua procede, al menos, de los Jardines Colgantes de Babilonia. Pero la hidroponía, es decir, el cultivo de alimentos en soluciones nutrientes, es un desarrollo más moderno. La primera obra publicada sobre la materia fue el *Sylva Sylvarum: or, a Natural History, in Ten Centuries* de Francis Bacon en 1627, pero la

tecnología no alcanzó la madurez hasta la década de los treinta del siglo xx, cuando los científicos perfeccionaron la composición química del medio en que crecían las plantas. Sin embargo, a pesar de sus extrañas y ocasionales aplicaciones –la Pan American Airways cultivó verduras en la isla de Wake en los años treinta para que los pasajeros pudieran disfrutar de ellas en su comida de mitad del viaje–, nadie había tratado de cultivar de esta manera a gran escala.

La Segunda Guerra Mundial cambió todo esto. En 1945, el ejército estadounidense comenzó a realizar una serie de experimentos hidropónicos a gran escala, primero en la isla Ascensión, en el Atlántico sur, y más tarde en Iwo Jima y Japón –incluyendo lo que fue por entonces la mayor instalación hidropónica del mundo: una granja de nueve hectáreas en Chofu. Al mismo tiempo, y dado que había tropas custodiando el suministro de petróleo, se construyeron más granjas hidropónicas en Irak y Bahrein. Todas fueron increíblemente exitosas. Solo en 1952, la división hidropónica del ejército cultivó más de 3.600 toneladas de producto fresco.

Después de la guerra la mayoría de la gente se olvidó de estos logros. La producción de alimentos volvió a la tierra. Tuvo lugar la Revolución Verde, y la hidroponía fue marginada aún más en beneficio de las soluciones petroquímicas. Continuó, sin embargo, un hilito de investigación. La NASA, que quería saber cómo alimentar a los astronautas en Marte,²⁴ siguió con ello. También lo hicieron algunos otros. En 1983 Richard Stoner hizo un avance muy importante, al descubrir que era posible suspender las plantas en el aire, proporcionándoles alimentos a través de una vaporización rica en nutrientes. Esto supuso el nacimiento de la *aeroponía*, que es cuando las cosas empezaron a ponerse interesantes.

La agricultura tradicional utiliza el 70 por ciento del agua del planeta. La hidroponía es un 70 por ciento más eficaz que la agricultura tradicional²⁵ y la aeroponía otro 70 por ciento más eficaz que la hidroponía. Así, si utilizásemos la aeroponía para la agricultura, podríamos reducir el uso de agua desde un 70 hasta un 6 por ciento, un ahorro muy importante. Con la amenaza de la escasez de agua, que se vuelve más acuciante cada día, es difícil creer que estas tecnologías no hayan sido ampliamente adoptadas.

«Es un problema de relaciones públicas»,²⁶ dice Dickson Despommier. «Cuando la gente oye *hidroponía*, no piensa en la NASA, sino

en cultivos de marihuana. Demonios, hasta hace unos diez años, *yo* pensaba en marihuana».

Pero esto está empezando a cambiar, y el doctor Despommier es responsable en alguna medida de ello. Alto, con barba canosa, Despommier es un microbiólogo y ecologista de formación, uno de los principales expertos mundiales en parasitismo intracelular y, hasta su jubilación en 2009, profesor de salud pública en la Universidad de Columbia. En 1999 Despommier estaba dando clases de ecología médica, que incluía un apartado de cambio climático y su impacto potencial en la producción de alimentos.

«Era realmente deprimente tener que dar clases», recuerda. «La FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura] estima que se necesita que la producción agrícola se duplique para 2050 si se quiere mantener el ritmo de crecimiento de la población. Sin embargo, el 80 por ciento de la tierra cultivable ya está en uso, y nuestros informes actuales sobre el cambio climático indican que la producción de las cosechas disminuirá entre un diez y un 20 por ciento durante los próximos diez años. Para cuando terminé de exponer esto a mis alumnos, querían tirarme tomates podridos».

Harto del pesimismo, Despommier hizo a un lado el contenido del curso y desafió a sus estudiantes para que vinieran con una solución positiva. Después de pensarlo, regresaron con la idea de la horticultura en las azoteas. «Era local», dice Despommier. «Parecía factible. Querían saber a cuánta gente podían alimentar cultivando en las azoteas –no en edificios comerciales, solo en complejos de apartamentos– de Manhattan. Así que les di el resto del semestre para que averiguaran cómo hacerlo».

Como era la época anterior a Google Maps, solo deducir el espacio disponible en los tejados les llevó tres semanas en la Biblioteca Pública de Nueva York. «¿Qué cultivar?», fue la siguiente pregunta. Su cultivo tenía que ser capaz de una producción densa, pero al mismo tiempo contener un amplio abanico nutricional. Acordaron que sería el arroz. Pero entonces hicieron números: cultivar arroz en los tejados de Nueva York solo podría alimentar al 2 por ciento de la población de la ciudad.

«Estaban bastante desilusionados», recuerda Despommier. «Todo ese trabajo, y lo único que podían hacer era alimentar al 2 por ciento. Traté de calmarles, diciéndoles: “Bueno, si no podéis cultivar en los

tejados, ¿qué pasa con todos esos edificios de apartamentos que están abandonados? ¿Qué pasa con la Base de la Fuerza Aérea Wright-Patterson? ¿Y con los rascacielos? Imaginad cuánta comida podríamos cultivar si simplemente lo hiciéramos dentro de los edificios altos».

En esa época, para Despommier, se trataba básicamente de una noción desechable, algo que dijo rápidamente para apaciguar a sus alumnos. Pero se quedó con la idea. Su mujer quería saber cómo funcionaría, así que se puso a buscar *hidroponía* en Internet. «Leí lo que los militares habían conseguido durante la Segunda Guerra Mundial y me di cuenta de dos cosas: la hidroponía no era solamente para cultivadores de marihuana. Y mi loca idea del cultivo vertical... no era tan loca.»

Sus estudiantes estaban igualmente cautivados. Volvieron directamente al trabajo. En un año habían conseguido escribir un primer borrador, y resultaba que su cultivo vertical podía alimentar a muchísima más gente que el escaso 2 por ciento de la población de Nueva York. «Un edificio de treinta plantas», dice Despommier, «la huella de una manzana de Nueva York, podía alimentar a 50.000 personas durante un año. Un total de 150 granjas verticales podían alimentar a todo Nueva York.»

Esto ofrecía ventajas sorprendentes. Las granjas verticales son inmunes a la climatología, de modo que las cosechas se pueden desarrollar a lo largo de todo el año en condiciones óptimas. Menos de media hectárea de suelo de rascacielos produce el equivalente a de cuatro a ocho hectáreas de tierra tradicional, y utilizar tecnologías de esterilización implica la ausencia de pesticidas o herbicidas, de modo que no hay residuos líquidos agrícolas. Los combustibles fósiles que se utilizan ahora para arar, fertilizar, sembrar, desherbar, cosechar y distribuir también desaparecen, y por encima de todo, podríamos reforestar el antiguo terreno de las explotaciones agrícolas como parques y frenar así la devastadora pérdida de biodiversidad.

¿Cómo funciona todo esto? La nutrición, obviamente, es suministrada hidropónica o aeropónicamente. Las plantas también necesitan luz solar, así que las granjas verticales están diseñadas para resplandecer al máximo. Unos espejos parabólicos rebotan la luz al interior del edificio, mientras que el exterior es recubierto de etileno tetrafluoretileno, un polímero revolucionario que es extremadamente ligero, casi a prueba de balas, autolimpiable y transparente como el agua. También se utilizan lámparas para el cultivo interior,

tanto de noche como durante los momentos en que hay nubes, y la electricidad necesaria para hacerlas funcionar se generará capturando la energía que ahora tiramos con la cadena de váter. Es correcto: reciclaremos nuestras heces. «Solo la ciudad de Nueva York», dice Despommier, «está perdiendo novecientos millones de kilovatios de electricidad al año por no utilizar ese sistema.»

Quizá aún más importante, la comida en Estados Unidos viaja actualmente una media de más de 2.400 kilómetros²⁷ antes de ser consumida. Esto solo es una media. La típica comida estadounidense contiene cinco ingredientes producidos en otros países. Una cena en Los Ángeles podría incluir fácilmente ternera de Chile (8.988 km), arroz de Tailandia (13.298 km), aceitunas de Italia (10.224 km), champiñones de Nueva Zelanda (10.473 km) y un rico vino *shira* de Australia (12.049 km). Como el 70 por ciento del precio de venta al público de los comestibles procede del transporte, almacenamiento y manipulación, estos kilómetros hacen que se incremente rápidamente.

Las granjas verticales desafían todo esto. Reducen el número de días que se necesitan para que nuestro sustento llegue a nuestros platos al número de minutos precisos para bajar una lechuga diez tramos de escalera. A pesar de la sensación futurista, no hay nuevas tecnologías incluidas, de modo que las granjas verticales ya están surgiendo de la nada. Hay una serie de proyectos piloto en Estados Unidos,²⁸ y esfuerzos más importantes fuera de ese país. Aunque Japón todavía no ha pasado de la producción horizontal a la vertical,²⁹ está tratando de construir varios cientos de «fábricas de plantas» para aumentar la seguridad alimentaria del país. Utilizando técnicas de salas blancas y empleando a jubilados para ocuparse de las plantas, ahora pueden obtener veinte cosechas de lechuga al año en lugar de las una o dos que se logran cuando se utilizan prácticas tradicionales. Mientras tanto, la sueca Plantagon³⁰ ya está trabajando en cinco proyectos de agricultura vertical: dos en Suecia, dos en China y uno en Singapur. Su modelo habitual, una enorme esfera de cristal con cajas con plantas dispuestas en una espiral gigante, da lugar a un invernadero de 10.000 metros cuadrados puede cultivar el equivalente a la producción de 100.000 metros cuadrados.

Sin embargo, la verdadera promesa de las granjas verticales procede de añadir las tecnologías del futuro a las ideas del presente. Te

imaginas sensores insertos en todas partes controlando la temperatura, el equilibrio del pH y el flujo de nutrientes. Añade la inteligencia artificial y la robótica para perfeccionar el plantado, crecimiento y recolección de cada metro cuadrado. Dado que la producción de alimentos está limitada por la capacidad de la planta de convertir la luz solar en combustible, ¿qué tal si utilizamos la ingeniería genética para mejorar también esto? Investigadores de la Universidad de Illinois³¹ ya llevan un tiempo trabajando en esta idea. Creen que durante los próximos diez a quince años, la optimización fotosintética podría aumentar el rendimiento de las cosechas hasta un 50 por ciento. Al cultivar estas cosechas optimizadas dentro de granjas verticales –y optimizar nuestras luces led buscando el espectro preferido por las plantas–, podríamos ahorrar aún más energía (eliminando los anchos de banda que no utilizan las plantas) y elevar esa optimización significativamente más.

Lo que todo esto significa es que para el 70 por ciento de los que viviremos pronto en ciudades,³² las granjas verticales ofrecen el camino más claro hacia el fin del hambre y la malnutrición. Estas granjas ya tienen la capacidad de aumentar la cantidad de comida cultivada por cosecha en órdenes de magnitud e incrementar el número de posibles cosechas por un factor de 10. Tienen el potencial de producir toda esa comida, mientras que, simultáneamente, requerirán un 80 por ciento menos de tierra, un 90 por ciento menos de agua, y un 100 por 100 menos de pesticidas, y casi nada de coste de transporte. Integramos unas cuantas tecnologías emergentes –la acuaponía para la producción de proteínas en bucle cerrado; la cosecha mediante robots para reducir los costes laborales; los sistemas de inteligencia artificial unidos a biosensores para una mejor regulación medioambiental; el desarrollo continuado de sistemas de energía de biomasa (de modo que las partes de las plantas que no se coman puedan ser recicladas como combustible); la mejora e integración continua de los sistemas de reciclado de residuos (para cerrar aún más el bucle y reducir los costes de energía) y terminaremos con el patrón oro de la agricultura sostenible: una producción y un sistema de distribución totalmente locales y sin residuos, con un impacto medioambiental nulo y el potencial de alimentar a todo el mundo.

Proteínas

Seguimos teniendo un problema. Todas las estrategias que hemos comentado hasta ahora en este capítulo mejoran la producción de los cultivos, pero una salud óptima requiere que entre un 10 y un 20 por ciento³³ de las calorías que ingerimos deben proceder de proteínas. Podemos comer más tofu, pero para la mayor parte del mundo la carne es la opción preferida. Desgraciadamente, aunque la carne pueda no ser mortal, sin duda está matando al planeta.

Para empezar, el ganado consume energía con avidez,³⁴ con un ratio típica de ingesta de energía por producción de carne de 54 a 1. También es gran consumidor de tierra, ya que la producción ganadera representa el 70 por ciento de todas las tierras agrícolas y cubre el 30 por ciento de toda la superficie del planeta. La ganadería produce más gases de efecto invernadero que todos los coches del mundo, y es la causa principal de la erosión del suelo y de la deforestación. Las enfermedades son otra cuestión. Las manadas de animales hacinados son campos de cultivo para las pandemias. Se espera que la demanda global de carne se duplique hacia 2050, de modo que, a menos que cambie algo, la amenaza de pandemias solo puede crecer.

El peligro está aumentando. Conforme la gente sale de la pobreza³⁵, su preferencia por la carne también crece. Entre 1990 y 2002, el nivel de consumo de carne en China se ha duplicado. Allá por 1961 los chinos consumían 3,6 kilos por persona y año. En 2002 habían saltado hasta 52,4 kilos. Podemos ver cómo esta misma pauta está surgiendo a escala global.

Pero algo está cambiando —en realidad dos cosas. A corto plazo está la acuicultura; a largo, la carne in vitro. La acuicultura no es nada nuevo.³⁶ Su antigüedad es otra cuestión. Manuscritos del siglo v a.C. muestran que ya existía la piscicultura en la China antigua. Tanto los egipcios como los romanos también cultivaban ostras. La encarnación más moderna fue la innovación posterior a la Segunda Guerra Mundial, que ha sido imparable desde entonces. Entre 1950 y 2007, la producción de acuicultura global aumentó³⁷ desde dos hasta cincuenta millones de toneladas métricas. De modo que mientras la pesca natural ha estado en declive durante ese mismo periodo (las capturas globales de pescado alcanzaron su máximo en la década de los ochenta), las piscifactorías han permitido que el consumo huma-

no siguiera creciendo. La acuicultura es actualmente el sistema de producción de alimentos de origen animal que más crece, y proporciona casi un 30 por ciento del pescado que comemos.

Esa cifra tiene que aumentar significativamente. En 2003 la revista *Nature* informó de que el 90 por ciento de todos los grandes peces del mar habían desaparecido,³⁸ ya fuera por el consumo humano directo o por el consumo animal, los fertilizantes y el petróleo. Esta lista incluye al atún, el pez espada, el marlín y los grandes peces del fondo marino, como el bacalao, el mero, la raya y la platija, todos ellos amenazados por los efectos de la sobrepesca y las prácticas industriales del sector. Como explicó la legendaria oceanógrafa Sylvia Earle³⁹ (llamada a menudo «Su Profundidad*») en las páginas del *National Geographic*:

La pesca de arrastre implica enormes cantidades de capturas involuntarias, peces, mamíferos y una gran cantidad de vida. Se pierden muchas criaturas para las que ni siquiera tenemos nombre aún, muertas en el proceso de arrastrar redes por el fondo marino para atrapar gambas y platijas y otros moradores de los fondos, y el palangre –con anzuelos y cebo cada pocos metros– puede extenderse entre ochenta y cien kilómetros por el mar y capturar simplemente lo que haya. No hay ningún cartel en el anzuelo que diga que no lo muerdan los peces espada o los atunes, y estas son dos especies que no se deberían capturar en estos momentos. Si queremos que tenga lugar su recuperación, deberíamos dejarlos en paz.

La acuicultura es una parte importante de esa paz. La práctica es renovable y reproducible a mayor escala. Más allá de ayudar a proteger nuestros mares, la Administración Nacional Atmosférica Oceánica (NOAA) cree que las piscifactorías⁴⁰ pueden reducir las necesidades de Estados Unidos de importar pescado (por valor de 10.000 millones de dólares anuales), crear puestos de trabajo, reducir el déficit comercial y mejorar la seguridad alimentaria. Otros son más cautos.⁴¹ Para pescados carnívoros, como el salmón, la acuicultura requiere

* Juego de palabras intraducible que se usa como contraste de Su Alteza (*Her Highness*). “*Her Deepness*” indica un tratamiento regio para una leyenda del mundo marino. (*N. del T.*)

novecientos gramos de peces pescados en estado libre para alimentar a la mitad de ese peso de un pez de piscifactoría, y ocasiona los mismos problemas que la ganadería intensiva: si concentras miles de peces, los residuos y las enfermedades se convierten en un problema. Otro problema es la destrucción de los hábitats naturales. Las piscifactorías de gambas, por ejemplo, han arrasado los bosques costeros de manglares alrededor del mundo.

Pero también aquí estamos aprendiendo de nuestros errores. Gracias a una considerable presión internacional, la industria de la pesca de las gambas está empezando a cambiar.⁴² Proteínas vegetales mejoradas y subproductos con restos de animales,⁴³ reforzados con aminoácidos, están sustituyendo a los peces pescados en el mar en la mayoría de las actividades de las piscifactorías de salmón, y hay beneficios aún mayores en la combinación de la agricultura integradora y la acuicultura.

En una escala menor, los campesinos arroceros de Asia utilizan pescado para combatir las plagas del arroz,⁴⁴ como el caracol dorado, aumentando la producción y el consumo de proteínas (ya que también recolectan el pescado). En África los campesinos están instalando estanques en los jardines domésticos,⁴⁵ ya que el barro del fondo del estanque es un fertilizante enormemente rico en minerales. En una escala mayor, la innovación más apasionante puede que sea la de Will Allen, ganador del Premio Mac Arthur Genius⁴⁶ y la fuerza que está detrás de Growing Power, una organización con sede en Milwaukee que creó una de las primeras granjas verticales. Allen, un pionero de la acuicultura urbana, pretende dedicar el primer piso de su granja vertical a ese proceso. Más de 400.000 litros de agua producirán 100.000 tilapias, perca de lago y, posiblemente, mojarras, cada año. Las heces de los pescados se reciclarán para fertilizar las plantas de pisos superiores del invernadero.

Pero esto solo es el principio. Si realmente nos tomamos en serio la protección de nuestros mares y la preservación de nuestra pesca como fuente de proteínas, es necesario que la acuicultura sea una parte significativa de nuestra cadena alimentaria completa. «Si valoramos los mares⁴⁷ y su salud», continúa Earle, «tenemos que entender que los peces son fundamentales para mantener la integridad de los sistemas oceánicos, que, a su vez, hacen que funcione el planeta. Hemos estado muy equivocados respecto al pescado, pensando que

los únicos buenos son los que cocinamos, en lugar de reconocer su importancia en el ecosistema, que también tiene un gran valor para nosotros».

Carne cultivada

En 1932, Winston Churchill dijo:⁴⁸ «En cincuenta años podremos escapar de lo absurdo de criar un pollo entero para comernos la pechuga o el ala y criaremos esas partes separadamente en un medio ambiente adecuado». Ha resultado que a los biotecnólogos les ha llevado unas cuantas décadas cumplir la promesa de Churchill, pero parece cada vez más que ha merecido la pena esperar.

La carne cultivada (o *in vitro*, como algunos prefieren) es carne que ha crecido a partir de células madre. La NASA fue pionera de este proceso⁴⁹ a finales de la década de los noventa, ya que la agencia sospechaba que podía ser un buen sistema para alimentar a los astronautas en vuelos espaciales largos. En 2000, se usaron células de carpa dorada para crear proteínas comestibles para el desarrollo muscular,⁵⁰ y la investigación comenzó en serio. En 2007 se habían producido suficientes progresos como para que un grupo de científicos internacionales formaran el Consorcio de la Carne In Vitro para promover la producción a gran escala de la carne cultivada. Al año siguiente, un análisis económico presentado en el Simposio de la Carne In Vitro, en Noruega, mostró que la carne cultivada en tanques gigantes, conocidos como biorreactores, podía ser competitiva a nivel de costes con los precios de la carne europea, y Personas para el Trato Ético de los Animales (PETA) creó como incentivo un premio, de un millón de dólares⁵¹ para propiciar que las investigaciones avanzaran. En 2009, unos científicos en Holanda habían conseguido convertir células de cerdo en carne de ese animal en una placa Petri. Desde entonces se han hecho más trabajos, y aunque seguimos estando a una década de llevar esa tecnología al mercado, definitivamente vamos en esa dirección.

Proporcionar a la gente proteínas no es todo lo que producirá este cambio. «La cría de ganado siempre va a ser un desastre medioambiental,⁵² y la carne picada siempre va a ser mala para la salud», dice Jason Matheny, director de New Harvest, una organización sin ánimo

de lucro que financia investigaciones sobre la carne cultivada. «Solo respecto a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, pasarse a la carne cultivada supondría el equivalente a que todo el mundo en Estados Unidos condujera de pronto coches híbridos, y en lo que respecta a la salud, la verdadera carne siempre va a tener ácidos grasos que contribuyen a las enfermedades del corazón. No puedes simplemente convertir una vaca en un salmón, pero la carne cultivada nos permite hacer precisamente eso. Con la carne in vitro podemos fabricar una hamburguesa que prevenga los ataques al corazón en lugar de una que los provoque».

Al criar carne en biorreactores, también nos haremos menos vulnerables a las enfermedades emergentes (el 70 por ciento de estas enfermedades proceden del ganado)⁵³ y la contaminación, algo que ocurre cuando trabajadores de los mataderos cortan accidentalmente el tracto intestinal de los animales. La carne cultivada no tiene tracto gastrointestinal, así que no hay peligro de que una bacteria dañina se derrame en nuestro suministro alimentario. Por supuesto que existe preocupación respecto a que se produzca hacia la carne cultivada la misma hostilidad que hay hacia los cultivos de ingeniería genética, pero el *establishment* de la profesión médica está llevando a cabo una búsqueda intensa de regeneración de órganos. Si es posible que vivamos de forma permanente con un riñón cultivado en laboratorio en nuestro cuerpo, entonces, ¿por qué debería preocuparnos que la carne cultivada pasara unas pocas horas en nuestros estómagos?

Más allá de los crecientes beneficios para la salud, tanto por la carne reforzada nutricionalmente como por la reducción de la posibilidad de pandemia, el 30 por ciento de la superficie del mundo que se utiliza actualmente para el ganado⁵⁴ podría ser reforestada. El trozo de la Amazonia, del tamaño de Bélgica, de bosque tropical arrasado anualmente para la cría de ganado, ahora se podría mantener intacto; el 40 por ciento del cereal que ahora devora el ganado podría redirigirse al consumo humano, y los 40.000 millones de animales sacrificados anualmente (solo en Estados Unidos) ya no tendrían que sufrir en nuestro beneficio. Como dijo la presidenta de PETA, Ingrid Newkirk, al *New Yorker*:⁵⁵ «Si la gente no está dispuesta a dejar de comer animales en cantidades de miles de millones, entonces será un placer ser capaces de darles carne de animal que no ha de pasar por el horror del matadero, los camiones de transporte, y las mutila-

ciones, dolor y sufrimiento de la producción industrial de animales de granja».

Entre ahora y entonces

Las tres tecnologías presentadas hasta ahora en este capítulo tienen el potencial de alimentar el mundo, pero sigue habiendo cuestiones que discutir. Mientras que la acuicultura ya está aquí, la industria de la ingeniería genética está dominada por tres semillas⁵⁶ (algodón, maíz y soja) y todavía tiene que penetrar profundamente en el mercado de los cultivos para alimentos. Dicho esto, el arroz dorado⁵⁷ (arroz reforzado con vitamina A) está a punto de superar los obstáculos reguladores y entrar en la cadena alimentaria. Como muchos piensan que esta tecnología salvará millones de vidas, su llegada podría suponer un giro, del que estamos muy necesitados, en la opinión pública y en la velocidad de aceptación de otros biocultivos. Pero, entre la duración de los desarrollos y los obstáculos reguladores, seguimos estando a entre cinco y diez años de un cambio significativo.

Mientras tanto, probablemente la carne cultivada lleva un retraso de diez a quince años, y lo mismo parece ser verdad para el desarrollo amplio de las granjas verticales. Además, estas últimas están diseñadas para ser construidas en las ciudades o justo en sus alrededores, pero la mayoría de los hambrientos y malnutridos actualmente viven en las zonas rurales pobres. A la luz de estos hechos se plantea la urgencia de adoptar medidas provisionales.

Aunque no hay ninguna tecnología global que encaje con este programa, hoy en día ya existe un conjunto de prácticas agrícolas emergentes que mezclan lo mejor de la agronomía, la silvicultura, la ecología, la hidrología y una serie de otras ciencias. Conocida como agroecología,⁵⁸ la idea básica es diseñar sistemas de alimentación que imiten el mundo natural. En lugar de luchar por un impacto cero en el medio ambiente, los agroecologistas buscan sistemas que produzcan más comida con menos tierra y al mismo tiempo mejoren los ecosistemas y promuevan la biodiversidad.

Lo cierto es que lo están consiguiendo. Un estudio reciente de la ONU indicaba que los proyectos de la agroecología⁵⁹ en 57 países han aumentado la producción agrícola una media del 80 por ciento,

y algunos han llegado hasta el 116 por ciento. Uno de los más exitosos es el sistema «empujar-tirar»⁶⁰ desarrollado para ayudar a los cultivadores de maíz en Kenia a enfrentarse a las plagas y a las malas hierbas parasitarias, así como a las malas condiciones del suelo. Sin ser demasiado técnicos, empujar-tirar es un sistema de cultivo en el que los campesinos siembran determinadas plantas entre las hileras de maíz. Algunas de estas tienen olores desagradables que repelen a los insectos («empujan» fuera los insectos). Otras, como la hierba de melaza pegajosa, «tiran» a los insectos hacia dentro actuando como una especie de tira matamoscas natural. Mediante este proceso sencillo, los campesinos han aumentado la producción de sus cosechas entre un 100 y un 400 por ciento.

Aun así, mientras estas técnicas de agroecología están ampliamente disponibles hoy en día (300.000 campesinos africanos ya han adoptado el sistema «empujar-tirar»), solo estamos empezando a comprender su verdadero potencial. Aunque se trata de prácticas que son claramente de baja tecnología, su base la constituyen ciencias basadas en la información que, por tanto, evolucionan según curvas de crecimiento exponencial. Además, en la agroecología no se da ningún prejuicio contra la ingeniería genética, de modo que a medida que la biotecnología vaya mejorando, los nuevos descubrimientos podrán integrarse rápidamente en esos sistemas sostenibles. Como explicó la experta en patología de plantas de la Universidad de California en Davis, Pamela Ronald, en un artículo de *The Economist*⁶¹, esta puede ser la mejor manera de avanzar:

Una premisa básica de casi cualquier sistema agrícola (convencional, orgánico y cualquier cosa intermedia) es que lo que es la semilla solo puede llevarnos hasta cierto punto. Las prácticas de labranza utilizadas para cultivar la semilla son igualmente importantes. La ingeniería genética por sí misma no proporcionará todos los cambios que necesita la agricultura. Indudablemente, también se necesitan sistemas de labranza basados en la ecología y otros cambios tecnológicos, así como distintas políticas públicas. Sin embargo... hoy en día existe un consenso científico claro respecto a que los cultivos genéticamente modificados y las prácticas de cultivo ecológico pueden coexistir, y si nos tomamos en serio construir un futuro agrícola sostenible, deben hacerlo.

Un surco difícil de arar

Aquí lo tienes: una larga cadena de intensificación sostenible basada en principios agroecológicos, cultivos de ingeniería genética, biología sintética, policulturas perennes, granjas verticales, robótica e inteligencia artificial, agricultura integrada, acuicultura mejorada y un negocio en auge de carne cultivada. Esto es lo que se va a necesitar para alimentar a 9.000 millones de personas. No será fácil. Todas estas tecnologías deberán progresar simultáneamente, y cuanto antes mejor. Este último punto es clave. Tenemos una idea de la cantidad de plantas que se producen masivamente cada año: se llama productividad primaria.⁶² Dado que todos los animales de la Tierra comen plantas o animales que comen plantas, este número es una buena medida para examinar el impacto que el consumo humano de alimentos está teniendo en el planeta. Ahora mismo estamos consumiendo el 40 por ciento de su productividad primaria. Esta es una cifra peligrosamente alta. ¿Cuál es el momento crítico? Quizá un 45 por ciento sea suficiente para iniciar una pérdida de biodiversidad catastrófica de la que nuestro ecosistema no podría recuperarse. Quizá sea el 60 por ciento. Nadie lo sabe con seguridad. Lo que sí se sabe es que a menos que descubramos cómo mejorar el sistema y reducir nuestro impacto, con nuestra población siempre creciente, tenemos pocas esperanzas de un futuro sostenible. Pero si seguimos el proyecto esbozado en este capítulo, podremos aumentar radicalmente la productividad primaria del planeta, proteger su biodiversidad y, consecuentemente, hacer buena una de las más antiguas obras de misericordia: dar de comer a los hambrientos, y podremos hacerlo de una manera verdaderamente abundante.

Cuarta parte

Las fuerzas de la abundancia

El «hazlo tú mismo» innovador

Stewart Brand

En las primeras páginas de *Ponche de Ácido Lisérgico*¹, Tom Wolfe describe a «un tipo delgado y rubio con un disco resplandeciente en la frente, y una corbata hecha de abalorios indios. Sin camisa, no obstante, solo la corbata de abalorios en la piel desnuda y un mandil de carnicero con medallas del rey de Suecia encima». Este tipo es Stewart Brand: un biólogo formado en Stanford, antiguo paracaidista del ejército, convertido en seguidor de Ken Kesey y miembro de los «Alegres Bromistas», que estaba a punto de transformarse en la voz de una de las fuerzas más poderosas de la abundancia que haya visto nunca el mundo: el innovador «hazlo tú mismo».

La historia sería algo así: unos cuantos meses después de la publicación del libro de Wolfe, en marzo de 1968, Brand estaba leyendo un ejemplar de *Spaceship Earth* de Barbara Ward² y tratando de contestar un par de preguntas: ¿Cómo puedo ayudar a mis amigos que en estos momentos están volviendo a la tierra? Y, más importante, ¿cómo puedo salvar el planeta?

Su solución era bastante sencilla. Brand publicaría un catálogo del estilo de las empresas que venden por correo, mezclando valores sociales progresistas, ideas sobre la tecnología apropiada, nociones ecológicas de sistemas de pensamiento integrales y, quizá más importante, una ética del trabajo tipo «hazlo tú mismo». Esta ética tiene una larga historia,³ ya que data al menos del ensayo de Ralph Waldo Emerson de 1841, *Confianza en uno mismo*; resurgió en el renacimien-

to de *Arts and Crafts* (Artes y oficios) de principios de siglo xx,⁴ y después adquirió incluso más impulso con los movimientos *hot-rodding* y *home improvement* de los años cincuenta. Pero los finales de los sesenta marcaron el mayor levantamiento comunitario de la historia de Estados Unidos;⁵ según estimaciones conservadoras, diez millones de estadounidenses se mudaron a vivir al campo. Todos estos trasplantados aprendieron pronto la misma lección: el éxito en el campo dependía de la propia capacidad de hacerlo todo uno mismo, y esa capacidad, como se dio cuenta Brand, dependía del acceso que uno tuviera a las herramientas adecuadas –y aquí herramientas quiere decir cualquier cosa, desde información sobre molinos de viento hasta ideas sobre cómo iniciar un pequeño negocio. «Estaba entusiasmado con Buckminster Fuller»,⁶ recuerda Brand. «Fuller había difundido esa idea de que no sirve de nada tratar de cambiar la naturaleza humana. Había sido la misma durante un tiempo muy largo. En vez de ello, busca las herramientas. Nuevas herramientas crean nuevas prácticas. Mejores herramientas hacen mejores trabajos».

De todo esto nació el *Catálogo de toda la Tierra* (WEC).⁷ La primera versión se publicó en julio de 1968 y consistía en seis páginas mimeografiadas que comenzaban con la ahora legendaria declaración de intenciones del «hazlo tú mismo»: «Somos como dioses y bien podríamos hacernos expertos en serlo», y después una selección de herramientas e ideas para facilitar exactamente ese tipo de transformación personal. Dado que había mucha gente interesada por entonces en esas ideas, el catálogo tuvo el efecto de una corriente que unió a los partidarios del «hazlo tú mismo», antes dispersos, en una potente fuerza. Como explica el fundador de TED, Richard Saul Wurman: «Esto era un catálogo para hippies que ganó el National Book Award. Era un cambio de paradigma en la distribución de la información. Creo que puedes dibujar una línea bastante recta desde el WEC hasta buena parte de la cultura actual. Creó un aroma que fue olido por muchísima gente. Era tan dominante que la mayoría ni siquiera sabía cuál era la fuente del olor».

En el centro de esa esencia estaba la adopción por parte del WEC de la tecnología personal: y de manera más importante, el PC. Se atribuye a Brand el haber inventado el término «ordenador personal», y aunque algo de esto tenía que ver con su formación científica, había más que tenía que ver con el Instituto de Investigación de Stanford

(SRI). En 1968, el SRI estaba al mismo tiempo en la vanguardia⁸ de la investigación con los ordenadores y situado a la vuelta de la esquina de las oficinas de Menlo Park de WEC. Brand era un asiduo visitante. En esas visitas se recreaba con el ratón del ordenador, los textos interactivos, las videoconferencias, las teleconferencias, el e-mail, los hipertextos, un editor en tiempo real, los vídeos y más cosas. Brand vio el increíble potencial de estas herramientas y, en las páginas de WEC, contó al mundo lo que había visto.

«Stewart es, él solo, responsable de la aceptación del ordenador personal por parte de la cultura estadounidense»,⁹ dice Kevin Kelly (que era editor de WEC antes de fundar la revista *Wired*). «En los sesenta los ordenadores eran el Gran Hermano. Los usaba el enemigo: las empresas enormes e impersonales y el gobierno. Pero Brand vio las posibilidades de los ordenadores. Comprendió que si esas herramientas se volvían personales, convertirían el mundo circundante en un lugar donde los individuos serían dioses».

El maridaje que proponía Brand entre la confianza en uno mismo y la tecnología ayudó a convertir la innovación del «hazlo tú mismo» en una fuerza a favor de la abundancia, pero igualmente importante fue la adopción por parte del movimiento de otros dos principios de WEC¹⁰. El primero es lo que sería conocido más tarde como la «ética del hacker», la idea –como lo expresó estupendamente Brand– de que «la información quiere ser libre». El segundo fue la por entonces extraña noción de que los negocios podían ser una fuerza positiva. «Brand unió la idea de que puedes hacerlo tú mismo con la nueva sociedad utópica», explica el experto en tecnología Howard Rheingold. «Realmente creyó que, con las herramientas adecuadas, cualquier cambio era posible». Como descubrió un hombre llamado Fred Moore, el ordenador personal era exactamente la herramienta adecuada.

Historia casera

El innovador «hazlo tú mismo» no se convirtió en una fuerza a favor de la abundancia de la noche a la mañana. La noción requirió de cierta persuasión, así como una seria mejora de los equipos, y, en mayor medida, la ayuda de un antiguo activista político convertido en innovador del «hazlo tú mismo», Fred Moore.¹¹

A principios de los años setenta Moore se dio cuenta del poder de estar interconectados. Si podía encontrar un modo de conectar a los principales actores en los diversos movimientos de izquierda que operaban en Estados Unidos, quizá esos movimientos pudieran convertirse en una fuerza considerable. Comenzó a llevar registros de todos ellos y de sus contactos en tarjetones de 8 por 13 cm, pero había tantos que pronto se dio por vencido. Sospechó que su base de datos podría ser mucho más efectiva si pudiera utilizar un ordenador para gestionarla, pero la verdadera cuestión era cómo hacerse con un ordenador. Como Moore no tenía suficiente dinero para comprarse uno, en 1975 decidió crear un club de aficionados para que le ayudaran a fabricarlo.

Este fue el nacimiento del Club del Ordenador Hecho en Casa, un conjunto de aficionados a las tecnologías que se reunían en el Centro Comunitario de Ordenadores de Menlo Park para intercambiar circuitos e historias. Entre los primeros miembros se encontraban legendarios *hackers* como John Draper (Capitán Crunch), los creadores del Osborne 1, Adam Osborne y Lee Felsenstein, y los cofundadores de Apple, Steve Wozniak y Steve Jobs. Moore nunca perdió de vista su pasado de activista y constantemente recordaba a la gente que «diera más de lo que se llevaba» –lo que era una manera extravagante de decir «Comparte tus secretos comerciales»–, pero sus miembros se lo tomaron al pie de la letra. El Club Hecho en Casa creía en fabricar máquinas asombrosas, vender sus creaciones (hardware) y compartir su propiedad intelectual (software). Como explica John Markoff en *What the Dormouse Said: How the 60s Counterculture Shaped the Personal Computer Industry*, nada ha sido igual desde entonces:

El Club del Ordenador Hecho en Casa estaba destinado a cambiar el mundo... Al menos veintitrés empresas, incluyendo Apple Computer, pueden trazar su linaje directamente hasta Hecho en Casa, creando en última instancia una industria vibrante que, dado que los ordenadores personales se convirtieron en herramientas para todo uso, tanto de trabajo como de ocio, transformó toda la economía estadounidense. Con el grito de guerra de Ted Nelson, poder de computación para el pueblo, resonando en el ambiente, los aficionados iban a derribar el invernadero del mundo de la informática y a transformarse a sí mismos en un movi-

miento basado en un conjunto completamente nuevo de valores respecto a lo que era el mundo tradicional de los negocios en Estados Unidos.

Al abogar por la innovación del «hazlo tú mismo», Stewart Brand había encendido una mecha, y el Club del Ordenador Hecho en Casa era parte de la conflagración resultante. Pero no fue el único participante. Como veremos en el siguiente epígrafe, dado que yo llegué a la edad adulta en un momento en que los innovadores del «hazlo tú mismo» ya habían transformado el mundo de las grandes empresas y de la gran ciencia, la idea de quitarle de las manos al gobierno la carrera espacial no parecía completamente imposible. «El *WEC* no solo te daba permiso para inventarte tu vida»,¹² dijo en una ocasión Kevin Kelly, «te daba la excusa y las herramientas para hacer eso precisamente, y te creías que podías hacerlo, porque en cada página del catálogo había otra gente haciéndolo». Así que, aunque «hacer tú mismo» una empresa para viajar fuera del mundo podía no ser fácil, las repercusiones del *WEC* me proporcionaron exactamente lo que a mucha otra gente: el valor para intentarlo.

El poder de los pequeños grupos (primera parte)

El argumento que se encuentra en el núcleo de este capítulo es que gracias a gente como Stewart Brand y Fred Moore —y dado que la calidad de nuestras herramientas finalmente ha logrado alcanzar lo que ellos proponían—, pequeños grupos de entregados innovadores del «hazlo tú mismo» ahora pueden abordar problemas importantes que en tiempos pertenecían al ámbito de los gobiernos y de las grandes empresas. Aunque he visto cómo ocurría esto repetidamente, no hay un ejemplo más ilustrativo que la historia de Burt Rutan.

Rutan es un hombre alto, con una frente amplia, pelo gris y patillas que compiten con las de Neil Young. Antes de jubilarse en 2010, dirigía un centro de diseño y pruebas de vuelo llamado Scaled Composites. En 2004, Scaled se presentó al Ansari PREMIO X (hablaré más de esto posteriormente) e hizo algo que cualquier empresa aeroespacial grande o agencia gubernamental pensaban que era imposible: cambiar el paradigma de los vuelos espaciales humanos.

En Estados Unidos, nuestra relación con la última frontera comenzó en la primavera de 1952,¹³ cuando la National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) —que más tarde se convirtió en la NASA— decidió que había llegado el momento de ir arriba, arriba, y lejos. El objetivo era volar en un avión más rápido y a mayor altura que nadie, con un objetivo oficial de Mach 10 (más de 3.000 metros por segundo) y cien kilómetros derecho y hacia arriba (hasta el centro de la mesosfera). El resultado fue la serie X de aviones experimentales,¹⁴ incluyendo el X-1, que llevó al piloto Chuck Yeager a romper la barrera del sonido, y el X-15, que llevó a Joe Walker mucho más lejos.

El X-15 era un aparato extremo.¹⁵ Construido con una aleación de níquel-cromo llamada Inconel X, el avión podía soportar temperaturas lo suficientemente altas como para fundir el aluminio y hacer que el acero fuera inútil. «Despegó» de la Base de la Fuerza Aérea de Edwards en California, pegado bajo el ala de un B-52. El bombardero transportó al X-15 a unos 14.000 metros de altitud y después lo soltó como si fuera una piedra. Tras caer hasta una distancia de seguridad, el avión cohete encendió sus motores y salió disparado por el cielo —que es lo que llevó al piloto Joe Walker a salir de este planeta.

La partida de Walker se produjo el 19 de julio de 1963, fecha en que voló con el X-15 rebasando la marca de los cien kilómetros, convirtiéndose en el primer hombre que llevaba un avión al espacio. Fue una hazaña increíble, y requirió un esfuerzo increíble. Necesitó de dos empresas aeroespaciales importantes que emplearon a miles de ingenieros para fabricar el X-15. En 1969 el programa había costado unos trescientos millones de dólares —más de 1.500 millones actuales. Pero este era el coste de volar hasta el límite del espacio hasta que llegó Burt Rutan.

Rutan no comenzó queriendo fabricar naves espaciales, sino aviones. Construyó muchos. Los diseñadores de aviones afortunados diseñan tres o cuatro aparatos durante su carrera. Pero Rutan es prolífico.¹⁶ Desde 1982 ha diseñado, construido y hecho volar una cantidad sin precedentes de 45 aviones experimentales, incluyendo el Voyager, que realizó el primer vuelo alrededor de la tierra sin paradas ni reabastecimiento, y el Proteus, que tiene el récord mundial de altitud, distancia y carga transportada. Por el camino, Rutan también desarrolló una importante frustración por la incapacidad de la NASA de abrir realmente la frontera espacial.

En su mente, el problema era de volumen.¹⁷ «Los hermanos Wright despegaron en 1903», dice, «pero en 1908 solo habían volado diez pilotos. Entonces viajaron a Europa para probar sus aviones y fueron la inspiración de mucha gente. El mundo de la aviación cambió de la noche a la mañana. Los inversores comenzaron a darse cuenta, “¡Eh, yo puedo hacer eso!”. Entre 1909 y 1912, miles de pilotos y cientos de tipos de avión se crearon en 31 países. Fueron los emprendedores y no los gobiernos los que lideraron este desarrollo, y se creó una industria de la aviación de 50 millones de dólares».

Ahora contrasta esto con los vuelos espaciales de los seres humanos. Desde el cosmonauta soviético Yuri Gagarin, en 1961, solo un avión espacial y un puñado de cohetes han llevado a seres humanos al espacio: X-15, Redstone, Atlas, Titan, Saturn, Shuttle, Vostok, Vosjod y Soyuz. Todos de propiedad y gestión pública. En abril de 2010, cuarenta y nueve años después de que los vuelos espaciales se hicieran posibles, unos trescientos vuelos tripulados han llevado a un total de más de quinientas personas al espacio, un total inaceptable en opinión de Rutan.

«Cuando Buzz [Aldrin] caminó sobre la Luna»,¹⁸ dice, «hubiera apostado a que en cuarenta años estaríamos caminando en Marte. Pero no lo estamos, y ni siquiera estamos cerca. Los viajes espaciales siguen siendo primitivos. El número de vuelos espaciales es patéticamente bajo: menos de un vuelo cada dos meses. En lugar de ir a Marte, nos hemos retirado a una órbita terrestre baja. Abandonamos, en serie, nuestras antiguas capacidades de lanzamiento, y ahora la única nave que tenemos, el Space Shuttle [el programa Shuttle terminó en 2011], es la más compleja, costosa y peligrosa. ¿Por qué el programa espacial inventa acrónimos de programas de ingeniería de bienestar en lugar de tener el valor de mandar naves al espacio? Nosotros en Scaled sí tenemos el valor».

Esto no es solo cháchara egotista. Rutan respaldó sus palabras con los hechos, venciendo a los pesos pesados en su propio juego. Su avión espacial con pasajero, llamado imaginativamente SpaceShip-One (Nave Espacial Uno), superó al X-15 del gobierno¹⁹ en todos los ratios. En lugar de costar miles de millones y requerir miles de empleados, en 2004 el SS1 voló con un coste de solo veintiséis millones de dólares y un equipo de treinta ingenieros. En vez de solo un astronauta, el SS1 tenía tres asientos. Olvídate de medir el tiempo para

lanzarlo de nuevo en semanas, el vehículo de Rutan estableció un récord al volar al espacio dos veces en tan solo cinco días. «Los éxitos de SpaceShipOne alteraron la percepción de lo que pueden hacer los pequeños grupos creativos»,²⁰ dice Gregg Maryniak, director del Planetario James S. McDonnell de San Luis. «Todo el mundo ha llegado a creer que solo la NASA y los astronautas profesionales podían viajar al espacio. Lo que hicieron Burt y su equipo es demostrar que todos nosotros tendremos la posibilidad de hacer ese viaje en un futuro cercano. Cambió el paradigma».

El movimiento creador

Unos pocos años después de que Burt Rutan cambiara el paradigma de los vuelos espaciales, Chris Anderson hizo lo mismo por los vehículos aéreos no tripulados (UAV).²¹ Anderson es editor jefe de *Wired* y, no es de extrañar, una especie de padre obseso.* Hace unos cuatro años, decidió pasar el fin de semana construyendo con sus hijos el robot de LEGO Mindstorms y un avión con control remoto. Pero nada se desarrolló según lo previsto. Los robots aburrían a los chicos –«papá, ¿dónde están los láseres?»– y el avión se estrelló en un árbol justo en la puerta. Mientras Anderson limpiaba los restos, comenzó a preguntarse qué pasaría si utilizara el piloto automático del LEGO para hacer volar el avión. Sus hijos pensaron que la idea era enrollada –durante unas cuatro horas–, pero Anderson se enganchó. «No sabía nada sobre el tema», dice, «pero me di cuenta de que podía comprar un giróscopo de LEGO por veinte dólares y convertirlo en un piloto automático que mi hijo de nueve años podía programar. Esto era alucinante. Igualmente increíble es el hecho de que un aparato volador autónomo esté en la lista de exportaciones restringidas del Departamento de Comercio de Estados Unidos –así que mi hijo de nueve años acababa de convertir el LEGO en un arma».

Con curiosidad por saber más, Anderson comenzó una comunidad *online* sin ánimo de lucro llamada DIY Drones (Haz tus propios

* *Geek Dad*, término acuñado en la revista *Wired* que define como «mostrarles [a tus hijos] cómo funcionan las cosas y que pueden moldear el mundo a su antojo..., y significa hacer que se acerquen a los problemas con imaginación, lo que hace que todo sea posible». (*N. del T.*)

drones). Al principio, los proyectos eran sencillos, pero conforme creció su comunidad (actualmente tiene 17.000 miembros), también lo hizo su ambición. El vehículo aeronáutico no tripulado de calidad militar más barato del mercado es el Raven.²² Fabricado por AeroVironment, este dron se vende por 35.000 dólares, y con todo el sistema por 250.000. Uno de los primeros proyectos importantes de drones «hazlo tú mismo» fue un intento de fabricar una plataforma de vuelo autónoma con un 90 por ciento de la funcionalidad del Raven a un precio radicalmente menor. Los miembros de la comunidad escribieron y probaron el software, diseñaron y probaron el hardware, y acabaron logrando el QuadCopter. Era un logro impresionante. En menos de un año, y casi sin costes de desarrollo, crearon un dron casero con un 90 por ciento de la funcionalidad de Raven y por solo trescientos dólares –literalmente un uno por ciento del precio de los militares. No se trata de algo excepcional. La comunidad de los drones «hazlo tú mismo» ha desarrollado cien productos distintos siguiendo este procedimiento, cada uno de ellos en menos de un año, y básicamente con unos costes de desarrollo nulos.

Pero los vehículos aéreos no tripulados y caseros son solo el principio. La decisión de Anderson de destripar los juguetes de sus hijos le sitúa directamente en medio del floreciente Maker Movement. Creado alrededor de un deseo de reparar los objetos de nuestro entorno diario, muchos fechan el origen de este movimiento en 1902, cuando el primer ejemplar de *Popular Mechanics* (Mecánica popular) llegó como una exhalación y arrasó en los quioscos. En los años cincuenta el arreglo de los objetos se había convertido en una virtud de la clase media.²³ «Repare su casa, arregle una barca vieja, arregle un coche viejo», dice Dale Daugherty, fundador y editor de la revista *Make*. «La reparación casera era una manera de que alguien con ingresos modestos pudiese mejorar su vida».

Con la llegada de los ordenadores, *hackear* los códigos se volvió más divertido que reparar objetos,^{**} y el movimiento pasó a ser *underground*, resurgiendo como el fundamento del *ethos* de la cultura punk-rock,²⁴ y posteriormente un sostén de eventos como el festival del hombre ardiente (*Burning Man*). Sin embargo, durante los últi-

** El verbo para «destripar» los códigos de un ordenador y para «reparar» objetos domésticos es igual en inglés, pero no en castellano. De aquí que pueda no entenderse en toda su extensión esta frase. (*N. del T.*)

mos diez años se ha producido una vuelta del software al hardware. «Hoy en día», dice Daugherty, «hay un imperativo práctico. La gente realmente se apasiona con el control de la tecnología en sus vidas. Hemos vuelto a las reparaciones físicas».

Lo físico nunca ha sido tan transformable. Piénsalo de este modo: menos de cinco años después de que Burt Rutan se gastase 26 millones de dólares para vencer a los gigantes aeroespaciales en su propio juego, los drones «hazlo tú mismo» los desmontaron con trabajo voluntario, unas cuantas herramientas y un par de cientos de dólares de piezas de recambio. «Es una desmonetización radical», dice Anderson, «una verdadera historia de “hazlo tú mismo” a partir de diseños abiertos para reducir costes en cien veces mientras mantienes su funcionalidad al 90 por ciento». Anderson piensa que la industria aeroespacial está madura para dicha desmonetización, y su visión debería poner muy nerviosas a algunas de las empresas más importantes. «Dos órdenes de magnitud en reducción de costes fue fácil», dice. «Ahora vamos a por tres».

Exactamente por estas razones, el Maker Movement tiene un serio potencial a favor de la abundancia. Los drones baratos pueden llevar suministros a lugares como Bangladesh, donde los monzones borran las carreteras, o a Botsuana, donde no existen estas. Matternet,²⁵ una compañía 10^{^9}+ de la Singularity University (SI), está planificando una red de vehículos aéreos no tripulados activada mediante inteligencia artificial y estaciones de recarga situadas en contenedores de barco esparcidos por toda África. Los pedidos se hacen a través de teléfonos inteligentes. Para pueblos desconectados de la red global de transportes, esto significa que todo, desde las piezas de repuesto a la maquinaria agrícola, pasando por los suministros médicos, ahora puede ser llevado mediante un QuadCopter autónomo, y todo ello por menos de seis centavos por kilogramo y kilómetro.

El conservacionismo es otro uso posible de las plataformas autónomas de bajo coste. Saber cuántos tigres quedan en Siberia puede ser fundamental para desarrollar un plan de protección, pero con una superficie de diecinueve millones de kilómetros cuadrados, ¿cómo los cuentas? Una flota de drones «hazlos tú mismo» podría hacer el recuento por nosotros, o patrullar los bosques tropicales detectando la tala ilegal, o cientos de otras aplicaciones.

Los vehículos aéreos no tripulados son solo una de las tecnologías.

Los Makers están teniendo un impacto en casi cada campo relacionado con la abundancia, desde la agricultura hasta la robótica pasando por las energías renovables. Con un poco de suerte encontrarás todo esto edificante. Uno de los mensajes principales de este libro es que cualquiera puede enfrentarse a un desafío enorme. En menos de cinco horas, Chris Anderson pasó de no saber nada de vehículos aéreos no tripulados a revolucionar ese campo. Tú también puedes iniciar una comunidad y realizar una aportación, y si el software y el hardware no son tus favoritos, ¿qué hay del «wetware»? Como veremos en el siguiente apartado, grupos de estudiantes de instituto y universidad se han puesto en marcha para piratear la auténtica materia de la propia vida y han lanzado el movimiento biológico «hazlo tú mismo».

«Hazlo tú mismo» biológico

A principios de la década de 2000 un biólogo llamado Drew Endy²⁶ se sentía crecientemente frustrado con la falta de innovaciones en ingeniería genética. Endy había crecido en un mundo en el que cualquiera podía comprar piezas de transistor en RadioShack, ensamblarlas, y simplemente funcionaban. Quería conseguir exactamente la misma disponibilidad fácil de piezas para el ADN. En su mente –y en la de muchos ingenieros genéticos de la época– no había diferencia entre células y ordenadores. Estos usaban un código de software compuesto de unos y ceros, mientras que la biología utilizaba un código de Aes, Ces, Tes y Ges. Los ordenadores se sirven de compiladores y registros de almacenamiento; la biología usa proteínas. Como Endy dijo al *New York Times*: «La biología es la plataforma tecnológica más interesante y poderosa que haya visto nunca nadie. Ya ha asumido el control del mundo con máquinas que se reproducen. Te puedes llegar a imaginar que deberías ser capaz de programarlas con ADN».

En 2002 se fue al MIT como investigador y se encontró con otros colegas que compartían su visión de las cosas. Al año siguiente, Gerald Sussman, Randy Rettberg, Tom Knight y Endy crearon el certamen International Genetically Engineered Machine iGEM:²⁷ un concurso a escala mundial de biología sintética dirigido a estudiantes de instituto y universidad. Su objetivo era crear sistemas biológicos simples a partir de piezas estandarizadas e intercambiables –esencialmente

secuencias de ADN con estructuras y funciones claramente definidas—y después hacerlas funcionar dentro de células vivas. Estas piezas estandarizadas, conocidas técnicamente como BioBricks,²⁸ podían ser tomadas de una base de datos abierta y accesible a cualquier curioso.

El iGEM puede no sonar tan raro, pero desde que James Watson y Francis Crick descubrieron la doble hélice en 1953, el negocio de la biotecnología había dado lugar a enormes empresas como Genetech o a esfuerzos del sector público como el Proyecto Genoma Humano, ambos con necesidades de miles de millones de dólares y miles de investigadores. Todo lo que hicieron Endy y sus amigos fue dar clases durante un mes a un puñado de estudiantes.

Estos estudiantes se dividían en cinco equipos y se les pedía que diseñaran una versión de la bacteria *E. coli* que tuviera un resplandor verde fluorescente. Una serie de grupos tuvieron éxito. Su bacteria casera pasó de una mancha anodina a una pulsera luminosa en una *rave* en el plazo de un mes. Le siguieron otros éxitos. En 2008, los equipos de iGEM estaban creando aparatos genéticos con aplicaciones en el mundo real. Ese año, un equipo de Eslovenia quedó primero con BioBricks inmunes: una vacuna diseñada contra la bacteria responsable de la mayoría de las úlceras de estómago, la *Helicobacter pylori*. En 2010, después del vertido de BP en el golfo de México, un equipo ganador de la Universidad Tecnológica de Delft creó un «alcanívor», que ellos describieron como una «caja de herramientas para permitir la conversión de hidrocarburos en entornos acuosos» —o, en un lenguaje más sencillo, un bicho capaz de consumir vertidos de petróleo.

Lo más increíble de la sofisticación de este trabajo es su rápido ritmo de crecimiento. En 2004, iGEM tuvo cinco equipos que mandaron cincuenta BioBricks potenciales. Dos años después, eran 32 equipos y 724 piezas. En 2010 había llegado hasta 130 equipos que enviaron 1.863 piezas —y la base de datos de BioBrick tiene más de 5.000 componentes. Como señaló el *New York Times*: «iGEM ha estado preparando a toda una generación de las mentes científicas más brillantes del mundo para abrazar la visión de la biología sintética sin que realmente nadie se diera cuenta y antes de que ni siquiera empezaran los debates públicos y las regulaciones que suelen poner freno a estas nuevas tecnologías arriesgadas y éticamente controvertidas».

Para comprender hasta dónde puede llegar esta revolución, echa un vistazo a «Empalma tú mismo»,²⁹ un llamamiento a las armas de

la biología «hazlo tú mismo» escrito por el pionero de la biología sintética de la Universidad de Washington, Rob Carlson, en las páginas de *Wired*:

Tenemos encima de nosotros la era de la biología en el garaje. ¿Quieres participar? Dedicar un momento para comprarte un laboratorio de biología molecular en eBay. Solo mil dólares te proporcionarán un conjunto de pipetas de precisión para contener líquidos y un anillo de electroforesis para analizar el ADN. Puede que necesites alguna excursión lateral a *sites* como BestUse y LabX (dos de mis favoritos) para redondear tus compras con cilindros graduados o un termociclo PCR para amplificar el ADN. Si no te puedes permitir algún aparato concreto, simplemente espera seis meses –el suministro de equipos usados de laboratorio mejora con el tiempo. Los links con los demandados reactivos y protocolos se pueden encontrar en DNAHack. Por supuesto, Google nunca deja de ayudarte.

Sin duda, a los medios de comunicación les encantó esta historia. Entre el llamamiento a las armas de Carlson y los éxitos del concurso de iGEM, ha habido docenas de artículos que aseguraban que el siguiente Amgen iba a proceder del garaje de algún adolescente, y se publicaron aún más artículos afirmando que pronto habría terroristas creando bichos biológicos en los sótanos –aunque Carlson y otros creen que la situación no es tan grave como sospechan muchos. (Profundizamos en esto en el apéndice «Peligros de lo exponencial». Sea como sea, la era de la genética casera ha llegado. Los chicos del instituto están creando nuevas formas de vida. La última frontera de la gran ciencia ha sido superada por el innovador «hazlo tú mismo».

El empresario social

Si el innovador «hazlo tú mismo» está compitiendo con los grandes programas científicos del Estado, entonces el empresario social es el equivalente que asume los grandes programas sociales del gobierno. El propio término fue acuñado en 1980 por el fundador de Ashoka y legendario capitalista de riesgo Bill Drayton³⁰ para describir a indivi-

duos que combinan los métodos pragmáticos y orientados a obtener resultados de un empresario con los objetivos de un reformista social. La idea estaba en tanto adelantada a su época. Se tardaron otros diez años para que la evolución tecnológica la alcanzara, pero con la tecnología de generación de la información y la comunicación que llegó a finales de los noventa, la idea de Drayton se convirtió en una fuerza real a favor de la abundancia.

Después de la explosión de Internet, las páginas web como DonorsChoose.org, Crowdrise y Facebook Causes comenzaron a liderar cuestiones que anteriormente habían sido territorio de organismos internacionales como Naciones Unidas o el Banco Mundial. Veamos el caso de Kiva.³¹ Lanzado en octubre de 2005 –y bautizado por la palabra en swahili para decir *unidad*–, esta página web permite a cualquiera prestar dinero directamente a un pequeño negocio en una país en vías de desarrollo a través de un modelo de microfinanzas de persona a persona. A principios de 2009 la página había crecido hasta 180.000 empresarios miembros que recibían un millón de dólares de préstamos «a la semana». En febrero de 2011, se realizaba un préstamo Kiva cada diecisiete segundos, por un total de más de 977 millones de dólares. Aunque los tipos de interés de Kiva no existen, su ratio de devolución de los préstamos está por encima del 98 por ciento –lo que quiere decir que no solo está cambiando vidas, sino que, como señaló la revista *Time* en 2009,³² «tu dinero está más seguro en manos de los más pobres del mundo que en un fondo de pensiones».

Kiva es solo un ejemplo. El movimiento ha protagonizado un crecimiento masivo en los últimos diez años. En 2007, este tercer sector solidario daba empleo a unos 40 millones de personas,³³ con 200 millones de voluntarios, y en 2009, según B Lab,³⁴ una organización sin ánimo de lucro que certifica las compañías de ese sector, había 30.000 empresarios sociales solo en Estados Unidos, lo que representaba unos 40.000 millones de dólares de ingresos. Posteriormente, ese mismo año, J. P. Morgan y la Fundación Rockefeller analizaron³⁵ el potencial de inversión de impacto (en otras palabras, apoyar a los empresarios sociales) y estimaron que había una oportunidad de inversión de entre 400.000 millones y un billón de dólares, con un beneficio potencial de entre 183.000 y 667.000 millones.

En total, se han conseguido algunos resultados muy reales. Kick-Start, fundada en julio de 1991 por Martin Fisher y Nick Moon,³⁶

demuestra cómo dos individuos pueden tener un impacto significativo y medible. Creada para proporcionar a millones de personas los medios tecnológicos para salir de la pobreza, esta organización sin ánimo de lucro ha desarrollado todo tipo de cosas, desde sistemas de riego de bajo coste hasta prensas baratas para fabricar aceites de cocina, pasando por aparatos para fabricar bloques de tierra como material de construcción asequible. Estas técnicas son compradas después por empresarios africanos que las usan para montar pequeños negocios con muchos beneficios. En 2010, los negocios apoyados por KickStart representaban el 0,6 por ciento del PIB de Kenya y el 0,25 del de Tanzania.

Un ejemplo aún más importante es Enterprise Community Partners,³⁷ que la revista *Fast Company* llamó «una de las organizaciones más influyentes de las que has oído hablar nunca». Esta organización es un híbrido empresarial entre ánimo de lucro y sin ánimo de lucro, especializado en financiar casas asequibles para pobres. Durante los últimos veinticinco años ha ayudado a revitalizar algunos de los vecindarios más pobres de Estados Unidos, incluyendo Fort Apache en el Bronx y Tenderloin en San Francisco, pero su mayor logro fue ofrecer un crédito para vivienda a gente con bajos ingresos que representa alrededor del 90 por ciento de las casas asequibles para alquilar en Estados Unidos. Una de las razones por las que los empresarios sociales son considerados el fin de los grandes programas sociales del gobierno es porque, con solo este crédito, Enterprise ha superado al Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano (HUD) de Estados Unidos en su objetivo fundamental en más de dos décadas.

Estos solo son unos cuantos de los grandes desafíos que los innovadores del «hazlo tú mismo» están comenzando a resolver. Actualmente se nota su impacto en cada nivel de nuestra pirámide, pero antes de contar el resto de la historia, centremos nuestra atención en la siguiente fuerza a favor de la abundancia: los tecnofilántropos.

Capítulo 11

Los tecnofilántropos

Los barones ladrones

Es la mañana del 16 de abril de 2011, y la Fundación PREMIO X está teniendo su encuentro anual Visionario.¹ En nuestra jerga se trata de competiciones para resolver los grandes desafíos del mundo. Para ayudarnos a plantear las grandes ideas, invitamos a los mejores empresarios, filántropos y ejecutivos a pasar un fin de semana que se podría describir mejor como un cruce de una mini TED y el martes de carnaval.

Este año el anfitrión de los encuentros es el director de Fox Filmed Entertainment, Jim Gianopulos, en sus estudios de Los Ángeles. La única habitación suficientemente grande para acoger a todo el mundo es la cafetería. Las paredes son blancas, y están decoradas con fotografías de iconos del cine, desde Cary Grant hasta Luke Skywalker, pero en este grupo de gente diversa, pocos les hacen gran caso a estas imágenes. Tampoco nadie tiene mucho que decir sobre los ingresos por taquilla o los impuestos sobre beneficios, pero de lo que sí se habla es de crear empresarios africanos, de reinvertir en tecnología sanitaria y de aumentar la capacidad de las baterías en un orden de magnitud.

A lo largo de los años he tenido la suerte de ser el anfitrión de muchas reuniones similares y de encontrarme con mucha gente parecida, y lo que parece unirlos a todos es exactamente lo que hoy está

a la vista: un alto nivel de optimismo, una actitud solidaria magnánima, y un apetito desbordante por lo grande y atrevido. Quizá es lo que cabía esperar. Estos son los mismos líderes de la era digital que, con el invento del código HTML, han creado la banca con PayPal, los anuncios con Google y el comercio con eBay. Han visto de primera mano cómo las tecnologías exponenciales y las herramientas de cooperación pueden transformar industrias enteras y mejorar nuestras vidas. Ahora creen que el mismo tipo de ideas y las prácticas de buena gestión empresarial que les llevaron a sus éxitos tecnológicos pueden proporcionar éxitos filantrópicos. Tomados en conjunto constituyen una fuerza significativa a favor de la abundancia y una nueva hornada de filántropos: un tecnofilántropo; un joven, idealista, de la *jet-set* del iPad, al que le importa el mundo –todo el mundo– de una manera totalmente distinta.

De dónde ha salido esta gente, qué les distingue y por qué constituyen una fuerza a favor de la abundancia son los temas de este capítulo, pero antes de entrar en faena, conviene dar el contexto. La filantropía a gran escala, basada en el sector privado y no en el público, es un desarrollo histórico relativamente reciente. Si nos remontamos unos seiscientos años atrás, la riqueza estaba concentrada en la realeza, cuyo único objetivo era conservar su dinero dentro de la familia. La esfera solidaria se expandió durante el Renacimiento,² cuando los mercaderes europeos trataron de mitigar la pobreza en grandes ciudades comerciales. Hace dos siglos, la comunidad financiera se involucró en esto. Pero fueron los titanes de la industrialización, conocidos colectivamente como los barones ladrones,³ los que realmente reescribieron las reglas.

Los barones ladrones fueron transformadores. En menos de setenta años, convirtieron a Estados Unidos, una nación agrícola, en una potencia industrial. Lo que John D. Rockefeller hizo por el petróleo, Andrew Carnegie lo hizo por el hierro y el acero, Cornelius Vanderbilt por los ferrocarriles, James B. Duke por el tabaco, Richard Sears por las ventas por correo al por menor y Henry Ford por los automóviles. Hay docenas más, y aunque la rapacidad de los barones ladrones ha recibido mucha atención, los historiadores contemporáneos están de acuerdo en lo siguiente: fueron estos magnates de la edad dorada los que inventaron la filantropía moderna.⁴

Por supuesto, hay dudas sobre muchas cuestiones relacionadas

con los barones ladrones, incluyendo la naturaleza de su caridad. No hace mucho, el *Business Week* escribió:⁵ «John D. Rockefeller se convirtió en un donante importante, pero solo después de que un experto en relaciones públicas, Ivy Lee, le dijera que las donaciones podían ayudar a rescatar su deteriorada imagen». Su tataranieto, Justin Rockefeller,⁶ un empresario y activista político, no está de acuerdo: «John David Sr., un devoto baptista, comenzó a apartar una décima parte desde su primerísima nómina. Llevaba registros financieros meticulosos. Su primer año de negocios fue 1855. Sus ingresos fueron de 95 dólares, el 10 por ciento de los cuales los donó a la Iglesia». Sea como sea, esa donación de 9,50 dólares fue solo el principio. En 1910, Rockefeller compró acciones de Standard Oil por valor de cincuenta millones de dólares⁷ y creó la fundación que lleva su nombre. A la fecha de su muerte, en 1937, había donado la mitad de su fortuna.

Carnegie fue un donante aún mayor, y la mayoría de los tecnofilántropos actuales se inspiran en él. Cuando Warren Buffett quiso convencer a Bill Gates de donar parte de su fortuna,⁸ comenzó por regalarle un ejemplar del ensayo de Carnegie, *The Gospel of Wealth*, que intenta contestar una pregunta difícil: «¿Cuál es la manera adecuada de administrar la riqueza después de que las leyes en las que se fundamenta la civilización la han colocado en las manos de unos pocos?».

Carnegie creía que la riqueza propia debía ser utilizada para mejorar el mundo, y la mejor manera de hacerlo no era dejándole el dinero a sus hijos o legándose al Estado para que realizara obras públicas. Su interés era enseñar a otros cómo ayudarse a sí mismos; de este modo, su mayor contribución fue crear 2.500 bibliotecas públicas.⁹ Aunque *The Gospel of Wealth* no fue popular en su época, gran parte de su filosofía es compartida hoy en día por muchos tecnofilántropos, aunque, como pronto veremos, donde la generación actual y la de benefactores del pasado difieren es en *a quién* ayudar y *cómo* hacerlo.

La nueva generación

En 1892, cuando el *New York Tribune* trató de identificar a cada millonario de Estados Unidos,¹⁰ el periódico publicó 4.047 nombres. Un

asombroso 31 por ciento vivían en Nueva York, y cuando se trataba de devolver parte de su dinero a la sociedad, estos millonarios lo hacían a su lugar de origen. Prácticamente no hay un museo, galería de arte, sala de conciertos, orquesta, teatro, universidad, seminario, organización de beneficencia o institución social o educativa de Nueva York que no deba sus orígenes y apoyo a esos hombres.

Esa miopía regional era de esperar. Los barones ladrones trabajaban en un mundo local y lineal. La pobreza en África o el analfabetismo en la India no eran cuestiones urgentes en sus vidas o negocios, de modo que estos industriales dejaron sus dólares en el vecindario. Incluso Carnegie tenía esta tendencia,¹¹ ya que todas las bibliotecas que fundó lo fueron en el mundo de habla inglesa.

Esta mentalidad local no estaba restringida a los ultrarricos de Occidente. Por ejemplo, Osman Ali Khan, conocido como Asaf Jah VII,¹² el último nizam de Hyderabad y Berar, que gobernó desde 1911 hasta 1948, cuando estos estados se unieron a la India. Khan fue proclamado el hombre más rico del mundo por la revista *Time* en 1937. Tenía 7 mujeres, 42 concubinas, 40 hijos y unos activos por valor de 210.000 millones de dólares (de 2007). Durante su reinado de treinta y siete años gastó una parte importante de su fortuna en su pueblo, construyendo escuelas, centrales eléctricas, ferrocarriles, carreteras, hospitales, bibliotecas, universidades, museos e incluso un observatorio. A pesar de tal generosidad, Khan centró su caridad totalmente en Hyderabad y Berar. Al igual que los barones ladrones en Estados Unidos, los hombres más ricos del mundo guardaban su billetera cerca de casa.

Mucho ha cambiado en las últimas décadas. Jeff Skoll, el primer presidente de eBay, convertido en magnate de los medios de comunicación y en tecnofilántropo, dice:

«Los tecnofilántropos de hoy en día son de una clase distinta».¹³ Mientras que la revolución industrial centró la filantropía localmente, la revolución de la alta tecnología dio la vuelta a la ecuación. Hoy hay otra mentalidad, porque el mundo está mucho más conectado globalmente. En el pasado realmente no te enterabas de las cosas que ocurrían en África o en China. Actualmente sabes de ello de manera instantánea. Nuestros problemas también están mucho más interrelacionados. Todo, desde el cambio climático hasta las pandemias, tiene raíces en diferentes partes del mundo, pero afectan a toda la hu-

manidad. De este modo, lo global se ha convertido en lo nuevo local.

Cuando Skoll vendió sus acciones de eBay¹⁴ en 1998 por 2.000 millones de dólares, también él hizo que su filantropía fuera global. Creó una fundación para luchar por «una visión de un mundo sostenible de paz y prosperidad». La Fundación Skoll trata de llevar a cabo cambios¹⁵ a gran escala invirtiendo en campañas a favor de empresarios sociales. Según Skoll, los empresarios sociales son «agentes del cambio», una idea que explicó con más detalle en un artículo del *Huffington Post*¹⁶:

Ya se trate de las enfermedades y el hambre en África, o de la pobreza en Oriente Medio, o de la falta de educación en el mundo en vías de desarrollo, todos conocemos los problemas. Pero pienso que los empresarios sociales tienen una deficiencia genética. De alguna manera les falta el gen que ayuda a pasar por alto lo imposible... Por naturaleza estos empresarios no están satisfechos hasta que cambian el mundo, y no permiten que nada se interponga en su camino. Las obras de caridad pueden proporcionar comida a la gente. Pero los empresarios sociales no enseñan simplemente a la gente a cultivar comida, no están contentos hasta que han enseñado a un campesino cómo cultivar, hacer dinero, reinvertir los beneficios en el negocio, contratar a otras diez personas y, en el proceso, transformar todo el sector.

En sus primeros diez años, la Fundación Skoll concedió más de 250 millones de dólares a 81 empresarios sociales que trabajaban en los cinco continentes. Estos empresarios, a su vez, han difundido su buena voluntad a esferas más amplias. «Tomemos los casos de Muhammad Yunus, que fundó el Banco Grameen y ayudó a sacar de la pobreza a más de cien millones de personas alrededor del mundo; Ann Cotton, que ha educado a más de un cuarto de millón de chicas africanas a través de su organización Camfed, y Jacqueline Novagratz, consejera delegada de Acumen Fund, que está influyendo sobre la vida de millones de personas en África y Asia.»

El respaldo a los empresarios sociales es solo un ejemplo de la nueva orientación que han tomado los tecnofilántropos de hoy en día. Invertir en compañías de saldo triple (económico, ambiental y social), como hace el Fondo Acumen,¹⁷ respaldado por la Fundación

Rockefeller, es otro. Acumen es una compañía con ánimo de lucro, pero obtiene sus beneficios invirtiendo en negocios que fabrican bienes y servicios que se necesitan con urgencia en el mundo en vías de desarrollo –gafas para leer, aparatos para escuchar, redes contra mosquitos– y vendiéndoselos a precios muy asequibles. Después está el Omidyar Network, del fundador de eBay Pierre Omidyar;¹⁸ se trata de una organización que realiza inversiones con ánimo de lucro para lograr su misión de «automejora individual» en áreas clave como microcréditos, transparencia y –por supuesto– empresariado social. «Si ellos [los tecnofilántropos] pueden utilizar sus donaciones para crear una solución beneficiosa para un problema social»,¹⁹ escribe el jefe de la oficina de Nueva York de *The Economist*, Matthew Bishop, en su libro *Filantrocapialismo: Cómo los ricos pueden salvar el mundo* (coautor: Michael Green), «éste atraerá más capital, más rápido, y de ese modo tendrá un impacto mucho mayor, y antes, de lo que supondría una solución basada exclusivamente en donar dinero».

Al decidir desdibujar la frontera entre sin y con ánimo de lucro, también están tratando de redefinir la caridad. «Los nuevos filántropos», continúa Bishop, «creen que están mejorando la filantropía, equipándola para combatir los nuevos problemas a los que se enfrenta el mundo cambiante de hoy, y para hablar claro, la filantropía necesita mejorar –mucho filantropía, a lo largo de los siglos, no ha sido efectiva. Los actuales filántropos están tratando de aplicar a su caridad los secretos que hay detrás de sus éxitos amasando dinero».

Un concepto que últimamente está ganando impulso es la «inversión de impacto»²⁰ o la «inversión de saldo triple», donde los inversores respaldan negocios que generan beneficios y alcanzan objetivos medibles tanto sociales como medioambientales. La práctica a menudo proporciona a los inversores un alcance adicional respecto a la filantropía tradicional... y esta práctica está creciendo. Según la empresa de investigación Monitor Group,²¹ lo que representaba 50.000 millones de dólares de inversiones de impacto en 2009 va al ritmo de alcanzar los 500.000 millones en una década.

Otro de esos secretos es su enfoque decididamente práctico.²² «Ya no se trata de “firmo el cheque y ya está”», dice Paul Shoemaker, director ejecutivo de Social Ventures Partners de Seattle. «Actualmente la cosa consiste en “firmo el cheque y eso es solo el comienzo”». Cuando empiezan, los tecnofilántropos hacen mucho más que po-

ner dinero encima de la mesa; también aportan su capital humano. «Aportan redes, conexiones y la capacidad de conseguir reuniones a alto nivel», dice Shoemaker. «Cuando Gates decidió luchar a favor de las vacunas, creó un equipo y lo dirigió en reuniones con líderes mundiales y la OMS. La mayoría de las organizaciones no pueden llegar a esos despachos, pero Gates sí, y eso supone una enorme diferencia».

Hay una última distinción entre los filántropos de nuevo cuño y las viejas generaciones, y puede que sea la que tiene un mayor impacto. La mayoría de los barones ladrones se volvieron generosos en sus años de madurez, pero muchos de los tecnofilántropos eran multimillonarios antes de los treinta y cinco, y se dedicaron a la filantropía justo después. «Los filántropos tradicionales solían ser un grupo más viejo», dice Skoll. «Hicieron sus fortunas, se jubilaron, y entonces, hacia el final de sus vidas, comenzaron a ser donantes, y eran menos ambiciosos en su filantropía —es más fácil firmar un cheque para construir una ópera que salir a enfrentarse contra la malaria, el sida u otros problemas globales. Muchos de los actuales tecnofilántropos tienen la suficiente energía y confianza, que procede de crear negocios globales a una edad tan temprana. Quieren hacer frente a objetivos audaces como la proliferación nuclear o las pandemias o el agua. Piensan que realmente pueden marcar la diferencia en el curso de sus vidas».

Todas estas diferencias se han exacerbado, convirtiendo a los tecnofilántropos en lo que Paul Schervish, del Centro Universitario de Riqueza y Filantropía de Boston, llama *hiperagentes*²³. Como explica Matthew Bishop,²⁴ los hiperagentes tienen la capacidad de llevar a cabo algunas cosas esenciales mejor que nadie. No se enfrentan a unas elecciones cada pocos años, como los políticos, o sufren la tiranía de los accionistas en busca de beneficios siempre crecientes, como los ejecutivos de las empresas. Tampoco tienen que dedicar enormes cantidades de tiempo y de recursos para recaudar dinero, como la mayoría de los que llevan una ONG. Esto les permite pensar a largo plazo, para ir en contra de las ideas convencionales, para adoptar ideas demasiado arriesgadas para un gobierno, para desplegar considerables recursos rápidamente cuando la situación lo requiere, y por encima de todo, para intentar hacer algo nuevo. La gran cuestión es: ¿serán capaces de desarrollar todo su potencial?

Como veremos en los siguientes epígrafes, la respuesta a la pregunta de Bishop parece ser un rotundo «sí».

¿Cuántos y cuánto?

Naveen Jain creció en Uttar Pradesh,²⁵ India, hijo de un funcionario. Se convirtió en estudiante emprendedor a una edad muy temprana. «Cuando eres pobre», dice, «y la supervivencia básica es tu preocupación, no tienes más alternativa que ser emprendedor. Tienes que actuar para sobrevivir, del mismo modo que un empresario debe actuar para cazar una oportunidad». Las acciones y oportunidades de Jain acabaron colocándolo en una trayectoria que llevaba a Microsoft, y después, al fundar InfoSpace e Intelius, a la lista de los quinientos más ricos del mundo de *Forbes*.

Mis padres me inculcaron la importancia de la educación. Es un regalo que ellos nunca tuvieron. Recuerdo cómo lo primero que hacía mi madre por la mañana era ponerme a prueba en matemáticas, y a menudo me decía: «No hagas que lo tenga que resolver yo en tu lugar». Yo no sabía que ella no podía resolverlo porque nunca había estudiado matemáticas en la escuela. Hoy tenemos la tecnología, a través de la inteligencia artificial, los videojuegos y los teléfonos inteligentes, para poner a prueba a cualquier niño del planeta y asegurarle acceso a la mejor educación posible.

Jain se convirtió en el codirector del Grupo Asesor en Educación y Desarrollo Global del PREMIO X, y ahora está centrando sus recursos en dar premios en los concursos para reinventar la educación y la asistencia sanitaria en el mundo en vías de desarrollo. «La tecnología me permitió crear el capital que ahora uso para la filantropía», dice, «y no se me ocurre un uso mejor de estos recursos que centrarme en erradicar el analfabetismo y las enfermedades alrededor del mundo. Lo realmente asombroso es que hoy en día realmente tenemos las herramientas para hacer esto posible».

Jain no es el único que piensa de este modo. El *Informe de Riqueza Global* del Credit Suisse de 2010²⁶ estimaba que el mundo tiene más de mil millonarios: aproximadamente 500 en América del Norte, 245 en la región Asia-Pacífico y 230 en Europa. Los profesionales de las finanzas señalan que probablemente estas cifras sean en torno a la

mitad de las reales, ya que muchos deciden ocultar su riqueza. Si descendemos un peldaño en la escalera económica, el siguiente grupo, conocido como personas con un «patrimonio individual ultraalto», ocupa una amplia franja que va desde los treinta millones de dólares en activos líquidos hasta *cientmillonarios*. En total, en 2009 el número de personas con patrimonio individual ultraalto estaba justo por encima de 93.000 en todo el mundo. Estas cifras no solo son más altas que nunca, sino que estos individuos están donando como no lo habían hecho anteriormente.

«Los ricos de Internet están donando a su manera»,²⁷ proclamaba el *New York Times* en 2000. En 2004, las donaciones de caridad en Estados Unidos habían aumentado hasta los 248.500 millones de dólares,²⁸ la mayor cantidad anual de la historia. Dos años después, la cifra era de 295.000 millones. En 2007, la CNBC decidió calificar nuestra época como «una nueva edad de oro de la filantropía»²⁹ y la Fundación Giving informó de un nuevo récord,³⁰ con el incremento en un 77 por ciento de la creación de nuevas fundaciones en la pasada década, un aumento de más de 30.000 organizaciones. Sin duda, estas cifras descendieron durante la reciente recesión: 2 por ciento en 2008 y 3,6 por ciento en 2009.³¹ 2010 fue el más bajo en diez años, pero también fue en el que Bill Gates dedicó 10.000 millones a vacunas,³² el mayor compromiso adquirido por una fundación caritativa para una sola causa.

El año 2010 también fue cuando Gates y Warren Buffet,³³ los dos hombres más ricos del mundo, anunciaron el «Compromiso de Donación» que pide a los multimillonarios estadounidenses que den la mitad de sus fortunas a grupos filantrópicos y de caridad en vida o en el momento de morir. George Soros, Ted Turner y David Rockefeller lo suscribieron casi inmediatamente. Skoll también fue de los primeros, así como Pierre Omidyar. El cofundador de Oracle, Larry Ellison, el cofundador de Microsoft, Paul Allen; el creador de AOL, Steve Case, y los cofundadores de Facebook, Mark Zuckerberg y Dustin Moskovitz, también se han apuntado. En julio de 2011 el total de firmantes se elevaba a 69, y hay más que se van uniendo constantemente.

Que los tecnofilántropos demuestran ser una fuerza significativa a favor de la abundancia no está en cuestión. Ya han tenido un impacto en todos los niveles de nuestra pirámide, incluso los que son difíciles

de alcanzar. Mo Ibrahim, un magnate sudanés de las telecomunicaciones, estableció recientemente el Premio Ibrahim para los Logros en el Liderazgo Africano,³⁴ que recompensa con cinco millones (y después 200.000 al año durante el resto de su vida) a cualquier líder africano que cumpla su mandato dentro de los límites constitucionales de su país y después abandone el cargo voluntariamente.

Pero la mejor noticia es que la mayoría de estos tecnofilántropos siguen siendo jóvenes, por lo que solo están iniciando su camino. «Mientras algunas de las personas más inteligentes buscan cuál es el siguiente sitio en el que poner sus energías», dice el cofundador de PayPal, Elon Musk,³⁵ «ahora se sienten atraídos por los mayores problemas a los que se enfrenta la humanidad, especialmente en áreas como la educación, la asistencia sanitaria y la energía sostenible. Sin ser autocomplaciente, creo que es bastante posible que resuelvan los muchos desafíos que hay en estas áreas, y el resultado será la creación de nuevas tecnologías, empresas y trabajos que traerán prosperidad a miles de millones de personas en la Tierra».

Los mil millones emergentes

El mayor mercado mundial

Stuart Hart conoció a Coimbatore Krishnarao Prahalad,¹ conocido universalmente como C. K., en 1985. Por entonces Hart era un doctorando reciente contratado por la Universidad de Michigan. Prahalad ya era catedrático de la Escuela de Negocios Ross de la misma universidad y una leyenda creciente. Sus ideas sobre «competencias centrales» y «cocreación» desencadenaron una revolución en el mundo de la administración de empresas,² y su libro de 1994 *Compitiendo por el futuro*, en coautoría con Gary Hamel, se convirtió en un clásico. Además, en su trabajo de consultoría, Prahalad tenía una reputación de heterodoxia³ y una significativa trayectoria de tratar de hacer lo imposible: convencer a las multinacionales que ser ágil y colaborador es un mejor enfoque que ser serio y estar a la defensiva.

Durante los siguientes años, Hart y C. K. se llegaron a conocer. Daban clases juntos y se hicieron amigos. A finales de los ochenta, cuando la mayoría de los colegas de profesión de Hart le decían que abandonase su interés por el medio ambiente y que se concentrase en los negocios, Prahalad fue uno de los pocos que le animó en su pasión. «De hecho», dice Hart, «si no hubiera sido por C. K., nunca hubiera tomado la decisión consciente (cosa que hice en 1990) de dedicar el resto de mi vida profesional a la empresa sostenible. Esta es la mejor decisión que he tomado en mi vida».

Durante su vida en Michigan, la pareja nunca colaboró. Hart se marchó para dirigir el Centro para la Empresa Sostenible en la Universidad de Carolina del Norte (actualmente es el presidente del Centro de Empresas Sostenibles Globales de Cornell). Desde ese cargo, en 1997, escribió su ahora clásico «Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World»,⁴ que ayudó a lanzar el movimiento sostenible. Pero ese artículo, publicado en la *Harvard Business Review*, planteó una serie de preguntas que captaron el interés de Prahalad, y al año siguiente la pareja se unió para contestarlas.

El resultado fue otro artículo, este de solo dieciséis páginas de longitud, que estaba destinado a cambiar el mundo, aunque, como señala Hart, eso no sucedió de la noche a la mañana. «Nos llevó cuatro años antes de que alguien lo publicara. El artículo sufrió, literalmente, docenas de revisiones antes de ser publicado en 2002 como “The Fortune at the Bottom of the Pyramid”⁵ [en la revista *Strategy + Business*]. Este artículo se convirtió en un éxito clandestino incluso antes de ser publicado y engendró todo un nuevo campo: negocios BoP. Para mí fue una experiencia que me cambió la vida. Para CK fue otro día en la oficina.»

Su artículo decía algo simple e importante: los cuatro mil millones de personas que ocupan los estratos inferiores de la pirámide económica, los llamados mil millones de abajo, recientemente se habían vuelto un mercado viable. No alegaban que la parte baja de la pirámide (*bottom of the pyramid* o BoP) fuese un mercado normal, sino todo lo contrario. Mientras que la mayoría de los consumidores BoP vivían con menos de dos dólares al día,⁶ era su capacidad de compra agregada lo que abría enormes posibilidades de beneficios. Por supuesto, este entorno empresarial radicalmente diferente también requería estrategias radicalmente distintas, pero, para aquellas empresas que pudiesen adaptarse a negocios poco comunes, tanto Hart como Prahalad pensaban que las oportunidades eran inmensas.

Para respaldar esta afirmación existía un pequeño estudio de una docena de empresas famosas que habían tenido un éxito considerable en mercados BoP después de adoptar prácticas empresariales que estaban ligeramente fuera de lo habitual. Arvind Mills, por ejemplo, el quinto mayor fabricante de vaqueros del mundo,⁷ tenía unos antecedentes de competir en la India. Con un precio de cuarenta a sesenta dólares el par, sus vaqueros no estaban al alcance de las masas,

y su sistema de distribución tenía una penetración en los mercados rurales casi nula. «Así que Arvind introdujo los vaqueros Ruf & Tuf», escribieron Hart y Prahalad en *The Fortune at the Bottom of the Pyramid*, «un kit de componentes de vaquero listos para montar –tela, cremallera, remaches y parches– con un precio de unos seis dólares. Los kits se distribuyeron a través de una red de miles de sastres locales, muchos en pueblos y ciudades rurales, cuyo propio interés les motivó a vender los kits. Los Ruf & Tuf son actualmente los vaqueros más vendidos en la India, superando fácilmente a Levi's y otras marcas estadounidenses y europeas».

En 2004, estas ideas se difundieron en el libro de Prahalad *La fortuna en la base de la pirámide*. Empezaba con una declaración de intenciones poderosa:⁸ «Si dejamos de pensar en los pobres como víctimas o como una carga y empezamos a reconocerlos como empresarios y consumidores fuertes, creativos y conscientes del valor de las cosas, se abrirá un nuevo mundo de posibilidades», y una declaración de posibilidades aún más taxativa: «El potencial del mercado BoP es enorme: de 4.000 a 5.000 millones de pobres con unos servicios mínimos y una economía de más de trece billones de dólares en paridad de poder adquisitivo (PPA)». Aunque el libro de Prahalad presentaba 12 estudios de negocios BoP exitosos, su punto fuerte era social en lugar de contable: encontrar maneras cocreativas de abastecer este mercado era una actividad de desarrollo que podía sacar a los pobres de la pobreza.

Uno de los mejores ejemplos es la compañía telefónica Grameenphone,⁹ que surgió en Bangladesh en 1997, y en febrero de 2011 tenía treinta millones de abonados en ese país. En el camino, Grameenphone había invertido 1.600 millones de dólares en infraestructuras, lo que representa que el dinero ganado en Bangladesh se queda realmente en ese país. Pero un impacto aún mayor se ha producido en la reducción de la pobreza. Unos economistas de la London School of Business and Finance descubrieron que cada aumento de diez teléfonos por cada cien personas¹⁰ incrementaba un 0,6 por ciento el PIB de un país en vías de desarrollo. Nicholas Sullivan,¹¹ en su libro sobre el auge de los microcréditos y la tecnología de los móviles, *You Can Hear Me Now: How Microloans and Cell Phones Are Connecting the World's Poor to the Global Economy*, explica lo que realmente quiere decir esto:

Extrapolando las cifras de la ONU sobre reducción de la pobreza (un 1 por ciento de crecimiento del PIB da como resultado una reducción de la pobreza del 2 por ciento), ese 0,6 de crecimiento reduciría la pobreza en un 1,2. Dado que hay 4.000 millones de pobres, eso significa que con cada diez nuevos móviles por cien personas, 48 millones se *libran* de la pobreza, por tomar prestada un frase de Mohammad Yunus.

Los críticos con este planteamiento han señalado que este enfoque solo puede llevarnos hasta un determinado punto, pero se les olvida decir que en realidad este punto puede estar muy lejos. El razonamiento de Hart y Prahalad sobre el BoP es básicamente comercial:¹² considera los bienes y servicios existentes, los abarata en unos órdenes de magnitud y después los vende a una escala enorme. Pero hay dos cuestiones adicionales. Primero, la metodología necesaria para abrir esos mercados está basada en la creación de productos conjuntamente con el consumidor BoP. En segundo lugar, los productos y servicios comercializados –jabones, ropa, suministros para la construcción de casas, energía solar, microscopios, prótesis, cirugía del corazón y ocular, cuidado de bebés neonatos, móviles, cuentas corrientes, bombas y sistemas de irrigación, por mencionar solo las historias de éxito más famosas– pueden parecer una selección al azar, pero comparten exactamente lo que se necesita para hacer avanzar a cantidades enormes de personas a lo largo de la pirámide de la abundancia.

Cuando Hindustan Unilever, una filial de Unilever, desarrolló una campaña de marketing basada en la higiene para los mercados BoP en la India,¹³ su objetivo era vender más jabón (cosa que hizo, con incrementos de ventas del 20 por ciento). Pero, por lo que respecta a nuestros objetivos, fue más importante el hecho de que doscientos millones de personas aprendieron que sus diarreas –que matan a 660.000 personas en la India cada año¹⁴– pueden ser prevenidas simplemente lavándose las manos. Esta forma de mejora se convierte rápidamente en capacitación, ya que proporciona mejor salud como resultado de lavarse las manos, añade ingresos (menos días de enfermedad sin ir al trabajo) y mantiene a los niños en la escuela, de forma que se convierte en un círculo virtuoso.

Pero los beneficios no fluyen de manera automática hacia el consumidor. Como explica Hart en su ya clásico de 1995 *El capitalismo en*

*la encrucijada: cómo obtener beneficios empresariales y generar mejoras sociales a un mismo tiempo*¹⁵: «Es muy difícil reducir costes en un modelo de negocio orientado a consumidores de ingresos altos sin afectar la calidad o la integridad». Para competir en mercados BoP se necesita ir a caballo de una oleada de tecnología rompedora. Tomemos el ejemplo de las motocicletas Honda. En los años cincuenta Honda comenzó a vender bicicletas motorizadas muy básicas y baratas en las ciudades atestadas y sumidas en la pobreza de Japón.¹⁶ Cuando estas bicis llegaron al mercado estadounidense en los sesenta, interesaron a un porcentaje de población considerablemente mayor que aquellos que podían permitirse una Harley-Davidson. Hart explica: «La base de Honda en un Japón empobrecido le proporcionó una ventaja competitiva al vencer a los fabricantes estadounidenses de motos, porque podía ganar dinero con precios que no eran atractivos para los fabricantes de reconocido prestigio».

Ratan Tata, el consejero delegado de la gigantesca multinacional Tata Industries, ofrece otro ejemplo excelente. En 2008 creó el Nano,¹⁷ el primer automóvil del mundo que costaba 2.500 dólares. En 2008 el *Financial Times* escribía:¹⁸ «Si alguna vez ha habido un símbolo de las ambiciones indias de convertirse en una nación, seguramente este sería el Nano, un coche minúsculo con un precio aún más pequeño. Un triunfo de la ingeniería local, el Nano se convierte en el sueño de millones de indios que se devanan los sesos para tener una oportunidad de disfrutar de la prosperidad urbana». Además de beneficiar a la India, los esfuerzos de Tata hicieron despegar una importante innovación.¹⁹ Más de una docena de empresas, incluyendo Ford, Honda, GM, Renault y BMW, están desarrollando actualmente coches para los mercados emergentes, un desarrollo que creará una variedad de opciones de transporte en las comunidades BoP que era inimaginable hace tan solo diez años.

El poder elegir era el ingrediente que faltaba. De pronto, los mil millones emergentes –hasta 4.000 millones– tienen un modo y una razón de participar en la conversación global. «Esta nueva generación que está creciendo con libertad de comunicación»²⁰, dice Tata, «está conectada al mundo de la información y el entretenimiento, un mundo que antes no existía para ellos. Tienen necesidades y deseos que superan los de las generaciones anteriores, y van a ser exigentes en términos de su calidad de vida».

Por primera vez, no solo se están escuchando sus voces, sus ideas –a las que nunca habíamos tenido acceso hasta ahora–, sino que se están uniendo a la conversación global. Aunque solo sea por la ley de los grandes números y el poder de estas ideas, esto sitúa a los mil millones emergentes en la misma categoría que la tecnología exponencial, los «hazlo tú mismo» y los tecnofilántropos: como una poderosa fuerza a favor de la abundancia.

La apuesta de Quadir

En 1993, Iqbal Quadir estaba trabajando en inversiones de capital riesgo en Nueva York²¹ cuando un apagón cerró su ordenador. Las molestias le recordaron su infancia en Bangladesh, donde se había pasado un día entero caminando para comprar medicinas a su hermano y al llegar se encontró la farmacia cerrada. Entonces, como ahora, las malas comunicaciones producían pérdidas de tiempo y descenso de la productividad. De hecho, en comparación, el apagón era un inconveniente menor. Así que Quadir dejó su trabajo y regresó a Bangladesh para hacer frente al problema de la comunicación. Pensó que los móviles eran una solución obvia, pero estábamos en 1993. Por entonces el móvil más barato alcanzaba los cuatrocientos dólares y tenía un coste operativo de unos 52 centavos por minuto, mientras que los ingresos anuales medios en Bangladesh eran de 286 dólares, así que todo el mundo se preguntaba cómo resolverlo.

Dice Quadir:

Cuando propuse la idea por primera vez, me dijeron que estaba loco. Me echaron de las oficinas. En una ocasión, en Nueva York, lancé la idea a una compañía telefónica, y dijeron: «No somos la Cruz Roja; no queremos ir a Bangladesh». Pero yo sabía lo que estaba pasando en Occidente. Sabía que los móviles eran analógicos, y que estaban a punto de ser sustituidos por digitales, y eso significaba que sus componentes fundamentales estarían sujetos a la ley de Moore, de modo que continuarían volviéndose exponencialmente más pequeños y baratos. También sabía que conectividad equivale a productividad, así que poner móviles al alcance de los consumidores BoP proporcionaría la capacidad de pagar esos móviles.

Quadir ganó su apuesta. Los móviles siguieron una curva exponencial de precio-rendimiento, y Grameenphone transformó la vida en Bangladesh.²² En 2006, sesenta millones de personas tenían acceso a un móvil, y la tecnología había añadido 650 millones de dólares al PIB de Bangladesh. Otras empresas llenaron los huecos en otros países. En India y en 2010, *cada mes* se sumaban 15 millones de nuevos usuarios de móvil.²³ A principios de 2011, más del 50 por ciento de la población mundial tenía conexión móvil, y es esa tecnología la que está transformando a esos «mil millones de abajo» en los mil millones emergentes. «Colocamos subrepticamente potentes ordenadores en manos de la gente», explica Quadir. «Se fueron haciendo a la idea mediante una aplicación consistente en comunicarse de viva voz». Como resultado, durante las siguientes décadas estos aparatos llevaron consigo el potencial de reorganizar completamente el mundo.

Ya estamos viendo cómo sucede esto en la banca. Hay 2.700 millones de personas en el mundo en vías de desarrollo sin acceso a los servicios financieros.²⁴ Los impedimentos para que se produzca un cambio son considerables. En Tanzania, por ejemplo,²⁵ menos del 5 por ciento de la población tiene cuenta corriente. En Etiopía hay una cuenta por cada 100.000 personas. En Uganda (hacia 2005) había cien cajeros para veintisiete millones de personas.²⁶ Abrir una cuenta corriente en Camerún cuesta 700\$ –más de lo que la mayoría de la gente gana en un año– y una mujer en Suazilandia solo puede conseguir esa hazaña con el consentimiento de su padre, su hermano o su marido.

Entremos en la banca por móvil. Permitir que los pobres del mundo abran cuentas bancarias digitales y accesibles a través de móviles tiene un impacto considerable en la calidad de vida y en la reducción de la pobreza. La banca móvil permite a la gente comprobar sus saldos,²⁷ pagar facturas, recibir ingresos y transferir dinero a casa sin pagar comisiones gigantescas, además de evitar los crecientes riesgos para la seguridad personal que ocasiona llevar encima dinero en efectivo. En Kenia, donde muchos pobres trabajan muy lejos de su casa, estos solían desaparecer durante tres o cuatro días después de cobrar el sueldo –el tiempo que les costaba llevar ese dinero a sus familias–, así que ser capaces de hacer una transferencia inalámbrica les ahorra increíbles cantidades de tiempo.

Por todas estas razones, la banca telefónica ha visto un crecimiento exponencial en muy pocos años. M-PESA,²⁸ lanzado en Kenia, en 2007, por Safaricom, tenía 20.000 clientes el primer mes. Cuatro meses después eran 150.000; cuatro años más tarde eran trece millones. Un mercado que ni siquiera existía en 2007²⁹ –el de los pagos por móvil– estalló para convertirse en una industria de 16.000 millones de dólares en 2011, y los analistas predicen que crecerá otro 68 por ciento para 2014. Además, los beneficios parecen ser considerables. Según *The Economist*, durante los últimos cinco años, los ingresos de los hogares keniatas que usan M-PESA³⁰ han aumentado entre un 5 y un 30 por ciento.

Más allá de la banca, los móviles ahora permiten mejoras en todos los niveles de la pirámide de la abundancia. Para el agua ya está disponible la información enviada por SMS sobre cualquier cosa,³¹ desde técnicas para lavarse o de conservación, y se está probando la tecnología que convierte un teléfono inteligente en un aparato para comprobar la calidad del agua. En cuestiones alimentarias, los pescadores pueden comprobar con antelación qué puertos pagan más antes de descargar sus capturas en tierra,³² y los campesinos pueden hacer lo mismo antes de llevar la fruta y la verdura al mercado, en ambos casos maximizando su tiempo e ingresos. La repercusión de la telefonía móvil en la salud va desde ser capaces de localizar rápidamente el médico más cercano hasta una aplicación para móvil inventada por Peter Bentley, investigador del University College de Londres, que convierte un iPhone en un estetoscopio³³ y que ha sido descargada por más de tres millones de doctores. Y solo se trata de una entre 6.000 aplicaciones de cuidado de la salud actualmente disponibles a través de Apple.³⁴

Estos ejemplos se amplían cada vez más, pero lo que tienen en común es que dan poderes al individuo como nunca antes. La mayoría de estos servicios solían requerir cuantiosas infraestructuras y recursos así como de muchos profesionales cualificados, lo que hacía que estuvieran primordialmente en el mundo desarrollado. Si una de las definiciones de abundancia es la disponibilidad generalizada de bienes y servicios –como los estetoscopios y las pruebas de calidad del agua–, entonces los mil millones emergentes ya conectados están logrando rápidamente tener acceso a muchos de los mecanismos fundamentales de la prosperidad del primer mundo.

La maldición de los recursos

La mayoría de los móviles en funcionamiento en los mercados BoP usan redes 2G, lo que proporciona capacidad de voz y de mensajes de texto. Como ya debería haber quedado claro, solo estas funciones han propiciado un progreso increíble en todos los niveles de nuestra pirámide, pero también han logrado lo que muchos consideraban imposible: ayudar a los mil millones emergentes a romper la «maldición de los recursos».³⁵

Durante los pasados cincuenta años, los investigadores han dedicado mucho tiempo a tratar de averiguar qué mantenía a los mil millones de abajo anclados ahí. Como ha señalado frecuentemente el economista William Easterly:³⁶ «Occidente gastó 2,3 billones de dólares en ayuda externa durante las últimas cinco décadas y todavía no ha sido capaz de hacer llegar medicamentos de doce centavos a niños para prevenir la mitad de todas las muertes por malaria». Es cuestión de las llamadas trampas de la pobreza. Ser una nación sin salida al mar y sin acceso a puertos comerciales es un tipo de trampa de la pobreza; estar atrapado en un ciclo de guerras civiles es otra. Uno de las más insidiosas trampas de la pobreza es la siguiente:

Cuando una nación en vías de desarrollo descubre un nuevo recurso natural, esto hace que su moneda se revalorice respecto a otras y consigue el efecto negativo de hacer que otras materias primas exportables no sean competitivas. El descubrimiento de reservas de petróleo en Nigeria en los años setenta destruyó las industrias nacionales de cacahuete y coco. En 1986, el precio en el mercado mundial del petróleo se hundió, y, como dice el economista de la Universidad de Oxford Paul Collier en su libro *El club de la miseria: qué falla en los países más pobres del mundo*³⁷, «se acabó el chollo nigeriano. No solo se redujeron drásticamente los ingresos por el petróleo, sino que los bancos dejaron de seguir prestando; en realidad querían que les devolvieran el dinero. Este cambio desde grandes ingresos por petróleo y préstamos igualmente grandes a petróleo barato y escasa devolución de deudas redujo aproximadamente a la mitad los niveles de vida de los nigerianos».

No hay manera fácil de romper la maldición de los recursos,³⁸ pero dos de las medidas más efectivas son el desarrollo de mercados diversificados y el surgimiento de la prensa libre (y la transparencia

que trae aparejada). Treinta años de fracasos en la ayuda al Tercer Mundo nos han enseñado que ninguno de ellos puede crearse fácilmente, pero ambos son actualmente una parte del paisaje inalámbrico. Los microcréditos dan acceso al dinero a las personas ajenas al juego de los recursos naturales, estimulando de este modo la creación de pequeños negocios no vinculados con el ciclo de expansión y contracción. La externalización en masa (*crowdsourcing*) de pequeños trabajos –conocida como microtarefas– proporciona a los pobres acceso a novedosas fuentes de ingresos que rompen aún más ese ciclo. Según el *New York Times*, los trabajadores por cuenta propia,³⁹ a lo largo del mundo, «están asumiendo encargos, como servicios al cliente, introducción de datos, de escritura, llevar la contabilidad, recursos humanos, realización de las nóminas –y prácticamente cualquier “proceso del conocimiento” que pueda ser realizado de manera remota». Este es un enorme salto adelante. Al ayudar a dispersar la productividad, la tecnología de las comunicaciones ayuda a dispersar el poder, que, como escribió en una ocasión Quadir, «hace que sea más difícil que los individuos o los grupos acaparen recursos⁴⁰ o promuevan políticas desde el gobierno que favorezcan intereses limitados». Además, el libre flujo de la información, favorecido por los móviles, sustituye la necesidad de una prensa libre y, como confirman los recientes acontecimientos en Oriente Medio, puede tener un impacto enorme en la difusión de la democracia.

Lo más increíble es que todo esto fue posible con la tecnología del pasado. Sin embargo, los móviles inteligentes que dependen de redes 3G y 4G están llegando al mundo en vías de desarrollo, y eso hace que el potencial futuro sea exponencialmente mayor. El antiguo profesor de empresa de Harvard Jeffrey Rayport,⁴¹ actualmente consejero delegado de la consultora MarketShare, escribe en *Technology Review*: «Actualmente, el aparato móvil es el nuevo ordenador. Los teléfonos inteligentes medios son tan potentes como un Mac o un PC de gama alta de hace menos de una década... Con más de 5.000 millones de individuos actualmente armados con móviles, estamos hablando de niveles sin precedentes de acceso y percepción de las mentes de más de dos terceras partes de la población mundial.»

El mundo es mi cafetería

En su excelente libro *Las buenas ideas: una historia natural de la innovación*, Steven Johnson explora el impacto de los cafés en la cultura de la Ilustración del siglo XVIII:⁴² «No es accidental», dice, «que el aumento de las bebidas con cafeína acompañe la era de la razón». Aquí actúan dos fuerzas principales. La primera es que antes del descubrimiento del café la mayoría de la gente permanecía en estado de embriaguez gran parte del día. Esto ocurría en gran medida por una cuestión de salud. El agua estaba demasiado contaminada para beberla, de modo que era sustituida por la cerveza. En su ensayo del *New Yorker*, «Java Man», Malcolm Gladwell lo explica de este modo:⁴³ «Hay que recordar que hasta el siglo XVIII muchos occidentales bebían cerveza casi de manera continua, incluso empezaban el día con algo llamado “sopa de cerveza”. Ahora comienzan el día con una taza de café. Una manera de explicar la revolución industrial es como consecuencia inevitable de un mundo en el que la gente de pronto prefirió estar nerviosa que borracha».

Pero igualmente importantes para la Ilustración fueron los cafés como centros para compartir información. Estos nuevos establecimientos atraían a gente de toda clase y condición. De pronto, la plebe podía alternar con los miembros de la realeza, lo que permitía reunirse y mezclarse dando lugar a todo tipo de ideas novedosas y, como dice Matt Ridley, «practicar el sexo de las ideas». En su libro *London Coffee Houses*, Bryant Lillywithte lo explica de este modo:⁴⁴

Los cafés londinenses proporcionaban un lugar de encuentro en el que, por una cuota de entrada de un penique, cualquier hombre que estuviese razonablemente bien vestido podía fumar su larga pipa de barro, sorber una taza de café, leer las noticias del día o entablar conversación con otros clientes. En una época en que el periodismo estaba en sus comienzos y el sistema de correos estaba desorganizado y era irregular, los cafés representaban un centro de comunicación de noticias e información... Naturalmente, esta diseminación de noticias condujo a la diseminación de ideas, y los cafés sirvieron como foro de discusión.

Pero resulta que el fenómeno de los cafés realmente era solo un espejo de lo que ocurría dentro de las ciudades. Dos terceras partes de todo el crecimiento tienen lugar en las ciudades, porque, por una simple cuestión de densidad de población, nuestros espacios urbanos son perfectos laboratorios para la innovación. Las metrópolis modernas están atestadas. Las personas viven unas encima de otras; sus ideas también. Así que las nociones chocan con las corazonadas, que chocan con los chismorreos, que chocan con teorías concretas, que chocan con la locura absoluta y el resultado da lugar a nuevas formas de proceder, y cuanto más complicada, plurilingüe y multicultural y desenfrenadamente diversa sea la ciudad,⁴⁵ mayor será su producción de nuevas ideas. «Así, el motor de la innovación de una ciudad –y de ese modo el motor de su riqueza– es la multitud de diferencias», dice Stewart Brand. De hecho, el físico del Instituto de Santa Fe Geoffrey West,⁴⁶ descubrió que cuando se duplica la población de una ciudad, hay un aumento del 15 por ciento en los ingresos, riqueza e innovación. (Midió la innovación contando el número de nuevas patentes.)

Pero del mismo modo que los cafés palidecen en comparación con la ciudad, esta palidece en comparación con Internet. La red nos permite convertirnos en una metainteligencia colectiva gigante, y esta metainteligencia continúa creciendo conforme más y más gente pasa a estar conectada. Piensa por un momento en lo siguiente: en 2020 casi 3.000 millones de personas se habrán sumado a la comunidad de Internet.⁴⁷ Esto representa 3.000 millones de nuevas mentes a punto de añadirse a la mente global. El mundo va a lograr acceder a una inteligencia, sabiduría, creatividad, perspicacia y experiencias que han estado, hasta hace muy poco, permanentemente fuera de nuestro alcance.

Lo bueno de esta oleada es que es inconmensurable. Nunca antes en la historia el mercado global ha llegado a tantos consumidores y proporcionado acceso a tantos productores. Las oportunidades para el pensamiento colaborador también están creciendo exponencialmente, y dado que el progreso es acumulativo, las innovaciones resultantes también van a crecer exponencialmente. Por primera vez en la historia, los mil millones emergentes tendrán el notable poder de identificar, resolver e implementar sus propias soluciones a favor de la abundancia, y gracias a la red, esas soluciones no van a permanecer balcanizadas en el mundo en vías de desarrollo.

Quizá más importante aún sea que el mundo en vías de desarrollo es la incubadora perfecta para las tecnologías que son la clave del crecimiento sostenible. «En efecto», escribe Stuart Hart, «las nuevas tecnologías⁴⁸ –incluyendo las energías renovables, la microgeneración, los biomateriales, la depuración del agua en el punto de uso, las tecnologías de la información inalámbricas, la agricultura sostenible y la nanotecnología– podrían encerrar las claves para enfrentarse a los desafíos medioambientales de arriba abajo de la pirámide económica».

Sin embargo, añade:

«Dado que las tecnologías verdes a menudo son de carácter “rompedor” (es decir, que amenazan normas vigentes en los mercados existentes), el BoP puede ser el segmento socioeconómico más apropiado sobre el que centrar su comercialización inicial... Si esta estrategia fuese adoptada ampliamente, las economías en vías de desarrollo se convertirían en el caldo de cultivo de las industrias y empresas sostenibles del futuro, y los beneficios de esto —tanto económicos como medioambientales— en última instancia “se filtrarían” a los ricos de la cima de la pirámide».

De este modo, el influjo del intelecto de los mil millones emergentes puede acabar siendo la salvación de todo el planeta. Por favor, por favor, por favor, dejad que comience la autosuficiencia.

Desmaterialización y desmonetización

Volvamos a donde empezamos: con *One Planet Living*, Jay Witherpoon explicó que si cada habitante de la Tierra quisiera vivir como un estadounidense, necesitaríamos los recursos de cinco planetas para conseguirlo –pero ¿realmente esto sigue siendo verdad? Bill Joy, cofundador de Sun Microsystems⁴⁹ convertido en inversor de capital riesgo, considera que una de las ventajas de la tecnología contemporánea es su «desmaterialización», que describe como uno de los logros de la miniaturización: un descenso radical en el tamaño de la huella que deja una gran parte de los objetos que utilizamos en nuestras vidas. «Ahora mismo», dice Joy, «estamos obsesionados con tener mucho de todo: miles de amigos, segundas residencias, coches, todas esas cosas locas. Pero también estamos viendo la punta de la ola

de la desmaterialización, como cuando un móvil desmaterializa una cámara. Simplemente desaparece».

Basta que pienses solo en todos los bienes de consumo y todos los servicios actualmente disponibles con el móvil inteligente típico: cámaras, radios, televisiones, navegadores de Internet, estudios de grabación, salas de edición, cines, navegadores GPS, procesadores de texto, hojas de cálculo, estéreos, linternas, juegos de mesa, juegos de cartas, videojuegos, toda una gama de aparatos médicos, mapas, atlas, enciclopedias, diccionarios, traductores, manuales, educación de primera categoría (hablaremos más de esto en el capítulo 14), y la siempre creciente y variada colección conocida como el *app store*. Hace diez años la mayoría de estos bienes y servicios solo estaban disponibles en el mundo desarrollado; hoy casi cualquiera y en cualquier lugar puede tenerlos. ¿Cuántos bienes y servicios? En el verano de 2011 las tiendas de Android y Apple alardeaban de 250.000 y 425.000 aplicaciones respectivamente,⁵⁰ con la asombrosa cantidad de descargas conjuntas de 20.000 millones.

Además, todos estos bienes y servicios actualmente desmaterializados solían requerir recursos naturales importantes para su producción, un sistema de distribución física para su dispersión y un equipo de profesionales altamente cualificados para asegurarse de que todo funcionara correctamente. Ninguno de estos elementos sigue estando presente, y la lista de esos artículos que ya no son necesarios sigue creciendo. Cuando tienes en cuenta que la robótica y la inteligencia artificial pronto sustituirán las posesiones materiales, como los automóviles (piensa en tener acceso al robot coche que más te guste, compartido con terceros y de acceso bajo demanda), el potencial de mejora de los niveles de vida sostenibles se hace mucho más patente. «Se consideraba que estabas saludable y eras rico si estabas gordo», dice Joy. «Ya no es así. Ahora pensamos que estamos sanos y somos ricos si tenemos todas esas cosas; bueno, ¿y si realmente fuese al contrario? ¿Qué ocurre si saludable y rico significa que no necesitas todas esas cosas porque, en su lugar, tienes esos aparatos realmente sencillos, de bajo mantenimiento y que reúnen todo lo que necesitas?»

Además, durante la mayor parte del siglo xx, salir uno mismo de la pobreza exigía tener un trabajo que —de un modo u otro— dependía de esos mismos recursos naturales, pero las grandes materias primas actuales no son objetos físicos, son ideas. Los economistas utilizan

los términos *bienes rivales* y *bienes no rivales* para explicar la diferencia. «Imagínate una casa que se está construyendo», dice el economista de Stanford Paul Romer.⁵¹ «El terreno en el que se asienta, el capital en forma de grúa y el capital humano del albañil son bienes rivales. Pueden ser utilizados para construir la casa, pero no para construir otra de modo simultáneo. Compara esto con el teorema de Pitágoras, que el albañil utiliza de forma implícita al construir un triángulo con lados en proporción de tres, cuatro y cinco. Esta idea es no rival: todos los albañiles del mundo pueden usarla al mismo tiempo para crear el ángulo correcto».

Hoy en día la categoría de trabajo que crece más rápidamente es la del «trabajador del conocimiento». Dado que el conocimiento es no rival, la mayoría de los trabajos del futuro producirán bienes no rivales, y esto elimina otra limitación a la abundancia: permite a los mil millones emergentes ganarse la vida de un modo que no requiere quemar nuestro suministro de recursos naturales siempre menguantes. Esta tendencia, como explica Stuart Hart,⁵² continuará conforme avancemos:

La bio y la nanotecnología crean productos y servicios a nivel molecular, teniendo el potencial suficiente para eliminar completamente los residuos y la contaminación. El biomimetismo emula los procesos de la naturaleza para crear productos y servicios nuevos sin depender de la fuerza bruta de martillar bienes a partir de un amplio stock de materia prima virgen. La tecnología de la información inalámbrica y las energías renovables son de carácter democrático, en el sentido de que pueden ser aplicadas en los entornos más remotos y a la escala más pequeña que se pueda imaginar, eliminando la necesidad de una infraestructura centralizada y de una distribución alámbrica, ambas medioambientalmente destructivas. Así pues, dichas tecnologías tienen el potencial para satisfacer las necesidades de miles de millones de pobres en el campo (que hasta ahora han sido ignorados ampliamente por las empresas globales) de un modo que reduce el impacto medioambiental drásticamente.

Junto a la desmaterialización, también hay que considerar la desmonetización ejemplificada por los drones de Chris Anderson. En la

pasada década, esta fuerza ha estado reorganizando los mercados en todo el planeta y de forma continuada. Las transacciones desmonetizadas de eBay, dejando a las tiendas de barrio sin negocio, aunque al mismo tiempo aumentando la disponibilidad de bienes y reduciendo su coste. También está Craigslist, que desmonetizó la publicidad⁵³ acaparando el 99 por ciento de los beneficios de la industria periodística y volviendo a ponerlos en los bolsillos de los consumidores. O iTunes, que hundió las tiendas de discos y liberó a los audiófilos. La lista de ejemplos similares es bien larga. Aunque la pérdida de puestos de trabajo a corto plazo es el resultado inevitable y a menudo doloroso de la desmonetización y desmaterialización, los beneficios a largo plazo son innegables: bienes y servicios que antes estaban reservados para unos pocos ricos ahora están disponibles para cualquiera con un móvil inteligente –que, hoy en día, afortunadamente, incluye a los mil millones emergentes.

Es aquí, pues, con los mil millones emergentes emergiendo, donde termina la parte 4 de este libro. Continuaremos ascendiendo por nuestra pirámide en la parte 5, y en la 6 volveremos a nuestras premisas básicas: esta transformación no es inevitable. Ir a donde necesitamos también requiere acelerar la tasa de innovación, aumentar la colaboración global, y –quizá lo más importante– expandir nuestras nociones de lo posible. Pero antes, nuestro mundo de la abundancia va a necesitar un montón de energía, así que echemos un vistazo a cómo podemos surtir de energía a nuestro planeta durante las próximas décadas.

Quinta parte

La cima de la pirámide

Pobreza de energía

Los arqueólogos no se ponen de acuerdo sobre cuándo la humanidad domesticó el fuego.¹ Algunos creen que fue tan solo hace 125.000 años; otros ofrecen pruebas que lo fechan hace unos 790.000. Sea como sea, una vez que nuestros antepasados se dieron cuenta de los beneficios de frotar dos palos, nunca volvieron a mirar atrás. El fuego proporcionó una fuente de calor y luz que alteró para siempre nuestra historia. Desgraciadamente, para en torno a una de cada tres personas vivas actualmente las cosas han cambiado muy poco en los pasados 100.000 años.

Naciones Unidas estima que 1.500 millones de personas viven sin electricidad² y 3.500 siguen dependiendo de combustibles primitivos³ como la madera o el carbón vegetal para cocinar y calentarse. En el África subsahariana, las cifras son aún mayores,⁴ con más del 70 por ciento de la población viviendo sin acceso a la electricidad. Este cuello de botella conlleva una serie de consecuencias. Podría decirse que la energía es el eje más importante de la abundancia. Si hubiera suficiente, resolveríamos la cuestión de la escasez de agua, que a su vez ayudaría a enfrentarse a la mayoría de nuestros actuales problemas de salud. La energía también aporta luz, que facilita la educación, que, a su vez, reduce la pobreza. Las interdependencias son tan profundas que el Programa de Desarrollo de Naciones Unidas alertó⁵ de

que ninguno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, enfocados a reducir la pobreza a la mitad, pueden ser alcanzados sin mejoras sustanciales en el sector de la energía de los países en vías de desarrollo.

Para Mercy Njima, un estudiante de doctorado keniano, alrededor del 85 por ciento de su país sigue asolado por la pobreza energética.⁶ Mercy pasó el verano de 2010 en la Singularity University, donde me describió los complejos problemas que vio en su juventud:

Imagínate verte obligado a depender de la combustión de madera de mala calidad, estiércol o restos de la cosecha, padeciendo los efectos de los gases tóxicos, potencialmente mortales, que desprenden esos combustibles. Imagínate estar desesperadamente enfermo y que te rechacen en un consultorio porque no hay electricidad y ni siquiera pueden ofrecerte el tratamiento más elemental. Imagina a tus amigos viviendo bajo la amenaza de enfermedades mortales porque no se dispone de las vacunas imprescindibles, debido a la ausencia de refrigeración. Imagínate que tú (o tu pareja) estuvieras embarazada y te pusieras de parto de noche, sin luz, sin medicamentos contra el dolor y sin medio de salvarte a ti misma o al bebé si hubiera complicaciones.

Mercy se describe a sí misma como parte de un nuevo tipo de «generación guepardo» de africanos que se mueven rápido, de líderes empresariales que trabajan para sacar al continente de las garras de la pobreza, la corrupción y el desgobierno, tres cuestiones que cree que podrían cambiar significativamente con un mayor acceso a la energía. «Piensa en las mujeres y niños que se pasan horas cada día en busca de fuentes de energía crecientemente escasas. Están en peligro por los animales salvajes y, a veces, por las violaciones. Además, cuando empiezan a quemar biomasa, el humo acre provoca graves enfermedades pulmonares y convierte las cocinas en trampas mortales. Los niños y sus madres son los que están más expuestos y se ahogan, sufren arcadas y jadean. Hay más gente que muere a causa de inhalación de humos que por culpa de la malaria. La contaminación del aire interior está relacionada con enfermedades respiratorias como la neumonía, la bronquitis y el cáncer de pulmón. Las mujeres y niños que pasan largos períodos todos los días alrededor de las hogueras tradicionales inhalan el equivalente a dos paquetes de tabaco diarios».

Además, los niños tienen que ayudar a reunir combustible en horario escolar, de modo que el tiempo que dedican a su educación se ve reducido considerablemente. Este problema se agrava de noche, cuando los estudiantes tienen que hacer los deberes pero no disponen de luz. El queroseno puede ayudar, pero es caro y peligroso. Además, dice Mercy, los profesores no quieren trabajar en comunidades sin luz y con pocos equipamientos. Pero las consecuencias de la pobreza de energía se extienden más allá de las casas y las escuelas. «La falta de energía también significa que la gente tiene que luchar para poner en marcha negocios sencillos», explica. «Esta carencia tiene un impacto en todos los aspectos de la vida keniana, y es prácticamente igual en todo el continente. Esta es la cruda realidad de la mayoría de los africanos que viven con escasez de energía».

Sin embargo, esto no tiene por qué ser una realidad permanente, sostiene Emem Andrews,⁷ que fue director de programas de Shell Nigeria y actualmente es empresario de energía en Silicon Valley. «Sin duda», dice, «África podría ser energéticamente independiente. Solo Nigeria tiene suficiente petróleo para todo el continente. A la larga, sin embargo, la mayor oportunidad es el sol. Está descentralizado, es plenamente democrático y se encuentra a disposición de todos. África está dotada de desiertos infrautilizados y situada en latitudes con altos niveles de insolación. La luz solar es abundante y básicamente gratuita. Simplemente, nos falta la tecnología para acceder a ella».

Según la Cooperación Transmediterránea de Energías Renovables,⁸ una red internacional de científicos y expertos financiados por el Club de Roma, hay suficiente energía solar en un kilómetro cuadrado de desierto africano para producir el equivalente de 1,5 millones de barriles de petróleo o 300.000 toneladas de carbón. El Centro Aeroespacial Alemán calcula⁹ que la energía solar de los desiertos del norte de África es suficiente para suministrar 40 veces la demanda actual de electricidad mundial. Además, David Wheeler,¹⁰ un investigador del Centro para el Desarrollo Global calcula que África tiene nueve veces el potencial solar de Europa y un equivalente anual de cien millones de toneladas de petróleo. Cuando unimos esto a sus enormes reservas de viento, geotérmicas e hidroeléctricas, el continente tiene suficiente energía para cubrir sus propias necesidades y exportar el excedente a Europa. Quizá la mayor ventaja de África para explotar este vasto potencial de energías renovables esté en el

hecho paradójico de que tiene una completa y total ausencia de infraestructuras energéticas.

Del mismo modo que la ausencia de telefonía fija en África permitió el desarrollo explosivo de los sistemas inalámbricos, su falta de grandes plantas generadoras a base de carbón y de petróleo podría allanar el camino hacia los sistemas descentralizados y de generación de energías renovables. Mientras que los países más ricos que adoptaron las energías renovables en una fase temprana estarían dispuestos a pagar por el desarrollo de estas tecnologías (idealmente de forma creativa con los mil millones emergentes), una vez que encuentren su camino hacia África, estos sistemas tendrán una ventaja inmediata sobre las opciones existentes. Muchos olvidan que se paga un precio elevado para transportar y almacenar el queroseno y los generadores hasta lugares remotos.¹¹ En la mayoría de los sitios esto eleva el coste de la electricidad hasta 35 centavos por kilovatio hora. Así que, incluso actualmente, con opciones existentes de energía solar a veinte céntimos el kilovatio hora¹² (incluyendo el coste de las baterías necesarias para su almacenamiento), esta alcanzaría un total de alrededor de veinticinco céntimos, un ahorro del 30 por ciento respecto a las tecnologías existentes.

Hablamos de tecnologías solares existentes; bueno, estamos lejos del final de esta historia.

Un futuro brillante

Como muchos de los que sobrevivieron al descalabro de las punto com, Andrew Beebe se salió justo a tiempo.¹³ En 2002 vendió su empresa de Internet, Bigstep, y empezó a buscar pastos más verdes. Inspirado por las ideas del físico visionario Freeman Dyson sobre «trocear la fotosíntesis», Beebe buscó esos pastos en el campo de las energías renovables. Inicialmente formó equipo con Bill Gross, consejero delegado de Idealab, para lanzar Energy Innovations (EI), un negocio de fotovoltaicas de alta concentración (FV). Pronto dividieron la empresa en dos; Beebe se encargó de la parte que se dedicaba a la instalación de sistemas, EI Solutions. Durante los años siguientes hizo crecer EI Solutions hasta convertirla en una empresa de veinticinco millones de dólares, instalando paneles FV en la sede central de em-

presas como Google, Sony y Disney, y después vendió la empresa a Suntech, el mayor fabricante de FV en el mundo. Allí se dedicó a la gestión global de productos, y después se hizo cargo de las ventas y el marketing a escala mundial, puesto que sigue desempeñando. Como la persona a cargo de las ventas de más FV en el mundo, Beebe toma el pulso de la energía solar. Según él, ese pulso es fuerte:

El mercado solar es una gran historia para un curso de principios de economía. La producción e instalación de FV ha crecido entre un 45 y un 50 por ciento anual durante la última década. Esto es épico, ya que el resto del crecimiento de la energía global solo ha aumentado un 1 por ciento anual. En 2002, cuando empecé a trabajar en este sector, la capacidad total vendida era algo así como diez megavatios anuales. Este año probablemente será de ocho gigavatios. Esto casi supone multiplicarlo por 2.000 en menos de una década. Al mismo tiempo, el coste ha caído en picado. Hace cuatro años, cuando estaba comprando paneles solares para Google, era de 3,20 dólares por vatio, utilizando una tecnología extremadamente madura. Hoy en día el precio medio global por vatio instalado está por debajo de 1,30 dólares. Recibo llamadas día y noche ofreciéndome rebajas de precios más radicales. Es extraño estar en un negocio en el que uno de los mayores objetivos es encontrar un modo de vender nuestro producto por menos dinero, pero esto es exactamente lo que está pasando.

Al final, no hay nada nuevo en esto. Durante los últimos treinta años los datos muestran que cada vez que se duplica la producción global de FV, los costes caen un 20 por ciento. Esta es otra de esas curvas exponenciales precio-rendimiento, conocidas actualmente como leyes de Swanson¹⁴ (en honor de Dick Swanson, cofundador de SunPower). Según Swanson, la mejora del coste es básicamente una curva de aprendizaje de las técnicas industriales y de eficiencia en la producción.

«El silicio, que es caro, ha supuesto el mayor coste del panel», dice, «y hemos estado haciendo las láminas cada vez más y más finas. Utilizamos la mitad del silicio para producir un vatio de energía del que usábamos hace cinco años». Multiplicar por diez la reducción del coste de las láminas de silicio es la misión de 1366 Technologies,¹⁵

una empresa incipiente creada por el profesor de ingeniería mecánica del MIT, Emanuel Sachs. (El nombre hace referencia al número medio de vatios de energía solar que alcanza cada metro cuadrado de la tierra al año.) Al haber encontrado la manera de hacer estas láminas de silicio sin tener que cortarlas de un trozo macizo de ese elemento, 1366 reduce drásticamente la parte más cara de cualquier sistema FV.

Este tipo de descubrimiento no debería sorprender a nadie. El mercado potencial y los beneficios para la humanidad de la energía solar son tan enormes que reducir el coste de los FV, aumentar la facilidad de instalación y establecer la producción a nivel global son los objetivos de cientos, si no miles, de empresarios, grandes empresas y laboratorios universitarios. En Estados Unidos, el número de patentes de energías limpias alcanzó un récord de 379 durante el primer trimestre de 2010,¹⁶ mientras que el número de patentes relacionadas con la energía solar casi se triplicaron entre mediados de 2008 y principios de 2010.

Desde entonces el ritmo de los descubrimientos no ha hecho sino acelerarse. Recientemente, científicos de IBM anunciaron que habían descubierto una forma de sustituir elementos terrestres raros y caros,¹⁷ como el indio y el galio, por otros elementos menos caros como el cobre, el estaño, el cinc, el azufre o el selenio. Mientras tanto, ingenieros del MIT, utilizando nanotubos de carbono para concentrar la energía solar,¹⁸ han hecho paneles FV cien veces más eficientes que los modelos tradicionales. «En lugar de tener que convertir todo tu tejado en células fotovoltaicas», dice el doctor Michael Strano, director del equipo de investigación, «puedes tener diminutos puntos FV con antenas que atraerán fotones hacia sí».

Pero ¿por qué tener siquiera paneles en los tejados? La empresa con sede en Maryland, New Energy Technologies,¹⁹ ha descubierto un modo de convertir las ventanas normales en paneles FV. Su tecnología utiliza las células solares orgánicas más pequeñas del mundo, lo que, a diferencia de los sistemas convencionales, puede generar electricidad tanto de fuentes de luz naturales como artificiales, multiplicando por diez el rendimiento de las actuales tecnologías solares y de películas finas.

Todo este trabajo pronto podría verse eclipsado por avances mucho más revolucionarios. Recientemente, en la Universidad de Mi-

chigan, el físico Stephen Rand²⁰ descubrió que la luz, al viajar con la intensidad adecuada a través de un material nanoconductor como el cristal, puede crear campos magnéticos cien millones de veces más fuertes de lo que se consideraba posible hasta ahora. «Te podrías pasar todo el día mirando las ecuaciones del movimiento y no ver esta posibilidad», dice Rand. «A todos nos han enseñado que esto no pasa». Pero en sus experimentos, los campos son suficientemente fuertes para permitir la extracción de energía. El resultado sería un medio de hacer paneles FV sin utilizar semiconductores, reduciendo el coste en órdenes de magnitud.

Sin embargo, Beebe no piensa que este tipo de avances radicales sean necesarios. «Estoy contento con el deslizamiento en pendiente en el que estamos», dice. «Italia y Estados Unidos lograrán la paridad de red [punto en el que las renovables se vuelven tan baratas como las fuentes tradicionales] en dos y cinco años, respectivamente. Hoy en día, en California, si eres propietario de tu casa y no estás endeudado, puedes instalar PV solares sin tener que adelantar dinero y pagando menos por la electricidad en el primer mes con PV que lo que habías pagado el mes anterior comprándola a la compañía eléctrica. Por supuesto, esto funciona porque existe una desgravación fiscal del 30 por ciento en California,²¹ pero una vez que los costes de la energía solar desciendan otro 30 por ciento, lo que se espera que ocurra en los próximos cuatro años, ya no necesitaremos la desgravación. Cuando la energía solar alcance la paridad de red sin subvenciones, será una locura. Cuando sobrevuelas Los Ángeles y miras hacia abajo, ves miles y miles de tejados planos. ¿Por qué no tienen todos una instalación solar encima? Al final, con la paridad con la red, estos edificios se cubrirán».

Hacer que la energía solar sea lo suficientemente barata como para cubrir nuestros tejados y competir con el carbón también es el objetivo de lo que el secretario de Energía de los Estados Unidos, Stephen Chu, ha denominado Iniciativa SunShot,²² un esfuerzo ambicioso que sigue el guión del discurso del presidente John F. Kennedy de 1961 sobre el programa espacial (*moonshot* en inglés), en el que desafió a la nación para que mandase un hombre a la Luna antes del final de la década. El objetivo de esta iniciativa es estimular la innovación y reducir el coste total de los sistemas de energía solar otro 75 por ciento para 2020. Esta reducción colocaría los costes en torno a

un dólar por vatio, o seis centavos por kilovatio hora, un precio más barato incluso que el del carbón.

Para no centrarnos solo en la energía solar, la eólica también se está aproximando a la paridad de red.²³ Según un informe de 2011 de *Bloomberg New Energy Finance*, en partes de Brasil, México, Suecia y Estados Unidos la electricidad generada por el viento tierra adentro ha descendido a 68 dólares por megavatio (MW), mientras que el carbón en esas mismas zonas está en torno a 67 dólares por MW. La demanda también está creciendo. Entre 2009 y 2010, Vestas, una de las mayores empresas del mundo en energía eólica,²⁴ informó de que sus pedidos habían aumentado un 182 por ciento. En 2011, la instalación mundial de turbinas creció un 20 por ciento, y hay proyectos para duplicarla en 2015.

Sin embargo, a pesar de estas mejoras considerables, también se necesitan otras formas de innovación energética. La solar y la eólica son fuentes de electricidad, pero esta solo representa el 40 por ciento de las necesidades energéticas estadounidenses. El resto se divide entre el transporte (29 por ciento) y el calentamiento/enfriamiento de los hogares y las oficinas (31 por ciento). Del combustible utilizado para el transporte, el 95 por ciento está basado en el petróleo, mientras que nuestros edificios dependen tanto del petróleo como del gas natural. Para acabar con nuestra adicción a los hidrocarburos, vamos a necesitar reemplazar ese 60 por ciento restante. Muchos creen que esto no será fácil. «Las industrias del petróleo y el gas están muy bien financiadas y afianzadas», dice Beebe. «La cuestión es: ¿cómo lo cambiamos? Esos sectores se aferran a lo que tienen, y tienen el suficiente dinero como para aguantar mucho tiempo».

La vida sintética al rescate

Pero ¿qué pasaría si el cambio procediera de dentro de esos mismos gigantes del petróleo? En 2010, Emil Jacobs, vicepresidente de investigación y desarrollo de ExxonMobil,²⁵ anunció un compromiso sin precedentes valorado en seiscientos millones de dólares para desarrollar una nueva generación de biocombustibles. Por supuesto, la anterior, básicamente etanol de maíz, fue un desastre.²⁶ Estos combustibles han provocado daños medioambientales considerables

y también han reemplazado millones de hectáreas de cultivos, ayudando de este modo a disparar los precios de los alimentos. Pero el biocombustible de Exxon no se basa en cultivos, y tampoco requiere las considerables superficies de tierra de la tecnología de primera generación. En vez de ello, los planes de Exxon son obtener su biocombustible a partir del cultivo de algas.

El Departamento de Energía de Estados Unidos sostiene que las algas pueden producir treinta veces más energía por hectárea que los biocombustibles convencionales.²⁷ Además, y dado que las algas de estanque crecen en casi cualquier lugar cerrado, ahora se está experimentando con ellas en centrales eléctricas importantes como absorbentes de dióxido de carbono.²⁸ Las chimeneas acaban en estanques cuyas algas consumen el CO_2 . Es una posibilidad interesante, pero, para hacer que sea más real, Exxon se ha asociado con el chico malo de la biología, Craig Venter,²⁹ y su empresa más reciente, Synthetic Genomics Inc. (SGI).

Para estudiar métodos de cultivo de algas y técnicas de extracción de petróleo, Exxon y SGI construyeron un nuevo centro de pruebas en San Diego. Venter lo llama «un criadero de algas a mitad de camino». Una tarde soleada de febrero de 2011 me lo enseñaron. Por fuera el centro se parece a un invernadero de alta tecnología: paneles de cristal transparentes, puntales blancos y un conjunto de puertas para cerrar unos compartimentos estancos. Al pasar por esas puertas, Paul Roessler,³⁰ que dirige el proyecto, explica lo básico: «Nuestro biocombustible tiene tres requisitos: luz solar, CO_2 y agua de mar. El motivo para utilizar agua de mar es que no queremos competir ni por la tierra ni por el agua con la agricultura. El CO_2 es el mayor problema. Este es el motivo por el que la captura del CO_2 sería tan importante: retrasaría el calentamiento global y proporcionaría una fuente continua de alimento».

Pasamos por otra puerta y nos encontramos en la habitación principal, una superficie del tamaño de un campo de fútbol sin ninguna decoración excepto media docena de tanques de algas verdes y un gran póster en la pared sobre «La vida de la célula». Roessler señala el póster: «No sé cuánto recuerdas del colegio, pero la fotosíntesis es como las plantas convierten la energía de la luz en energía química. Durante el día las plantas utilizan la luz del sol para separar el agua en hidrógeno y oxígeno, después lo combinan con dióxido de carbono

y convierten el resultado en un hidrocarburo combustible llamado “biopetróleo”, que suelen utilizar de noche para regenerarse. Nuestro objetivo es producir en masa y de manera fiable estos biopetróleos».

Venter, que también se ha unido a la visita, se mete en la conversación. «Paul está siendo modesto. En realidad ha descubierto una manera de provocar que las células de las algas segreguen voluntariamente los lípidos que han reunido, convirtiéndolos en plantas micromanufactureras.» Roessler retoma la explicación: «En teoría, cuando lo hayamos perfeccionado, podríamos realizar este proceso de manera continua y simplemente cosechar el petróleo. Las células lo van produciendo de manera continuada. De este modo no necesitas cosechar las células; basta con recoger el petróleo que segregan».

Los rendimientos son considerables. «Cuando lo comparamos con los biocombustibles», dice Venter, «el maíz produce 170 litros por hectárea y año y el aceite de palma alrededor de 5.900 litros por hectárea y año. Con las algas modificadas, nuestro objetivo es alcanzar 95.000 litros por hectárea y año y hacer que funcione sin problemas, al nivel de unas instalaciones de unos cinco kilómetros cuadrados».

Para entender lo ambiciosos que son los objetivos de Venter hagamos los cálculos: 5,17 km² son 517 hectáreas. A 95.000 litros por hectárea, esto supone 49 millones de litros de combustible al año. Si utilizamos la media actual de consumo de los automóviles de 9,4 litros por 100 km y si son 19.300 los kilómetros conducidos de media al año,³¹ 5,17 km² de granjas de algas producen suficiente combustible como para el desplazamiento de 26.000 coches. Así que, ¿cuántas hectáreas se necesitan para que se desplace toda la flota de coches de Estados Unidos? Con aproximadamente 250 millones de vehículos hoy en día, se traduciría en 48.562 km², o en torno a un 0,49 por ciento de la superficie de Estados Unidos (o alrededor de un 17 por ciento de la de Nevada). No está mal. Piensa simplemente en qué puede pasar cuando nuestros coches empiecen a conseguir gastar solo 2,35 litros por 100 km o cuando haya más personas que empiecen a usar automóviles eléctricos.

Aunque SGI no alcance sus objetivos, Exxon no es el único participante de la carrera. La compañía de energía de la zona de la bahía de San Francisco, LS9, se ha asociado con Chevron (y Procter & Gamble) para desarrollar su propio biocombustible,³² mientras que, no lejos de ahí, en Emeryville, California, Amyris Biotechnologies

ha hecho lo mismo con Shell.³³ La Boeing y Air New Zealand³⁴ están empezando a desarrollar combustible para aviones procedente de algas, y otras empresas incluso han avanzado más. Virgin Airlines ya está utilizando una mezcla parcial de biocombustibles (de aceite de coco y de babasu) como combustible de sus aviones 747,³⁵ y en julio de 2010 la empresa con sede en San Francisco Solazyme, suministró 5.500 litros de biocombustible conseguido a partir de algas a la marina estadounidense,³⁶ consiguiendo de ese modo un contrato por otros 550.000 litros. Mientras tanto, el Departamento de Energía está financiando tres centros de investigación sobre biocombustibles distintos,³⁷ y Clean Edge, que estudia el crecimiento de los mercados de energías renovables,³⁸ establece en su décimo informe anual sobre este sector que la producción global y los precios al por mayor de los biocombustibles alcanzaron 56.400 millones de dólares en 2010 y se calcula que crecerán hasta 112.800 millones en 2020.

Claramente, el interés por los combustibles neutrales en emisiones de carbono y de bajo coste está en su máximo histórico, pero sigue habiendo problemas. Ninguna de las empresas mencionadas (o sus competidores no mencionados) ha descubierto cómo convertir esa tecnología en un sistema de producción a gran escala. El secretario de Energía Chu dice que para cubrir realmente las necesidades de Estados Unidos, la producción debería multiplicarse por un millón³⁹, quizá incluso por diez millones, aunque también señala que los propios científicos que trabajan en biocombustibles ya han acelerado la creación de productos como los medicamentos contra la malaria. «Así que hay una posibilidad», dice, «y con la calidad de los científicos involucrados, quizá –me gustaría creerlo– sea una probabilidad».

Pero el Departamento de Energía no está apostando solo por los biocombustibles para cubrir sus necesidades. El organismo también está interesado en trocear la fotosíntesis. La Iniciativa SunShot de Chu ha financiado el Centro Conjunto para la Fotosíntesis Artificial (JCAP),⁴⁰ un proyecto con varias instituciones de 122 millones de dólares, liderado por Caltech y el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore. El objetivo del JCAP es desarrollar absorbentes ligeros, catalizadores, enlaces moleculares y membranas separadoras, todos los componentes necesarios para una falsa fotosíntesis. «Estamos diseñando un proceso de fotosíntesis artificial», dice el doctor Harry Atwater, director del Centro para la Investigación en Energía Soste-

nible del Caltech⁴¹ y uno de los principales científicos del proyecto. «Por “artificial” quiero decir que no hay componente vivo u orgánico en todo el sistema. Básicamente, estamos convirtiendo luz solar, agua y CO₂ en combustibles almacenables y transportables, los llamamos “combustibles solares”, para hacer frente a los otros dos tercios de nuestras necesidades de consumo de energía que las fotovoltaicas normales no alcanzan».

No solo estos combustibles solares serán capaces de proporcionar energía a nuestros coches y calentar nuestros edificios, Atwater cree que puede aumentar la eficacia de la fotosíntesis multiplicándola por diez, quizá por cien –lo que querría decir que los combustibles solares podrían sustituir completamente a los combustibles fósiles. «Nos estamos aproximando a un punto crítico», dice. «Es muy probable que, en treinta años, la gente le esté diciendo a los demás: “¡Dios mío!, ¿cómo es posible que llegáramos a quemar hidrocarburos para conseguir calor y energía?”».

El Santo Grial del almacenamiento

Además de su densidad de energía, otra razón por la que hemos dependido tanto de los hidrocarburos es porque son fáciles de almacenar. El carbón se almacena en pilas, el petróleo en barriles. Pero la energía solar solo funciona cuando brilla el sol, y la eólica solo cuando sopla el viento. Estas limitaciones siguen siendo el mayor inconveniente para la adopción generalizada de las renovables. Hasta que la solar y la eólica puedan suministrar energía fiable de carga básica, veinticuatro horas al día y siete días a la semana,⁴² no podrán proporcionar una parte significativa de nuestro suministro de energía. Hace décadas, Buckminster Fuller propuso una red de energía global que pudiese tomar energía del lado soleado del planeta y llevarla al lado oscuro.⁴³ Pero la mayoría de la gente basa sus esperanzas en la creación de grandes cantidades de almacenamiento local y a nivel de la red, capaces de «consolidar» o «cambiar el momento» de la energía –es decir, captarla de día y soltarla de noche. Esto se ha convertido en el Santo Grial del movimiento a favor de la energía verde.

En última instancia, no importa lo barata que sea la energía solar si no podemos almacenarla, y hacerlo a gran escala no se ha logrado

nunca. El almacenamiento a nivel de la red necesita unas baterías colosales. Las actuales baterías de iones de litio son lamentablemente inadecuadas.⁴⁴ Su capacidad de almacenamiento debería multiplicarse por entre diez y veinte veces, y –si realmente queremos que sean mucho mayores sin perder calidad– deberían ser fabricadas con materiales abundantes en la tierra. De otro modo, simplemente estaríamos cambiando una economía basada en la importación de petróleo por otra basada en la importación de litio.

Afortunadamente, se están haciendo progresos. Hace poco el mercado del almacenamiento en la red ha sido testigo de suficientes mejoras para que se hayan interesado las empresas de capital riesgo. La primera de ellas ha sido Kleiner Perkins Cufeld & Byers (KPCB).⁴⁵ Con más de 425 inversiones, incluyendo AOL, Amazon, Sun, Electronic Arts, Genentech y Google, Kleiner tiene la habilidad de elegir a los ganadores. Dado que John Doerr, el principal socio de Kleiner, es un apasionado del medio ambiente y de la lucha contra el calentamiento global, muchos de esos ganadores han estado en el ámbito de la energía.

En el invierno de 2011 conseguí pillar a Bill Joy, anteriormente en Sun Microsystems y ahora principal socio de energía verde de KPCB,⁴⁶ para que me informara de los avances en almacenamiento. Me habló de dos inversiones recientes dirigidas a transformar el mercado. Primus Power,⁴⁷ la primera, fabrica baterías «de flujo» recargables, en las que los electrolitos fluyen a través de una célula electroquímica que convierte directamente la energía química en electricidad. Estos aparatos ya están consolidando la energía eólica mediante un nuevo sistema de almacenamiento de energía de 47 millones de dólares, 25 megavatios y 75 megavatios-hora en Modesto, California.

La segunda apuesta de Kleiner, Aquion Energy,⁴⁸ está fabricando una batería similar a los actuales diseños de iones de litio, pero con una diferencia importante. En lugar de depender del litio, un elemento raro y tóxico, sus baterías utilizan sodio y agua, dos ingredientes baratos y omnipresentes con la ventaja añadida de no ser ni letales ni inflamables. El resultado es una batería que libera energía uniformemente, no se corroe, está basada en elementos abundantes en la tierra y, literalmente, hasta se puede comer sin problemas.

«Utilizando estas tecnologías», dice Joy, «creo que vamos a ser capaces de almacenar y consumir un kilovatio hora por un coste total

de un centavo. Así que puedo pasar el flujo de energía eólica intermitente a través de mi sistema Aquion y almacenarlo por aproximadamente un centavo adicional por kilovatio-hora, y eso es lo que hay. En unos cuantos años verás estos productos en el mercado. Después de esto, no hay razón por la que no debamos tener energías renovables fiables y a nivel de la red».

El profesor del MIT, Donald Sadoway,⁴⁹ una de las mayores autoridades mundiales en química del estado sólido, también es optimista sobre el futuro del almacenamiento en la red. Financiado con fondos de la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados –Energía (ARPA-E)– y por Bill Gates, ha desarrollado y probado con éxito una Batería de Metal Líquido (LMB)⁵⁰ inspirada originalmente en la alta densidad de corriente y la enorme escala de los fundidores de aluminio. Dentro de una LMB la temperatura es lo suficientemente alta para mantener dos metales distintos en estado líquido. Uno es de alta densidad, el antimonio, y se va al fondo. El otro es de baja densidad, el magnesio, y sube hasta arriba. Entre ambos, un electrolito de sal fundida ayuda al intercambio de carga eléctrica. El resultado es una batería con corrientes diez veces más altas que las actuales baterías de vanguardia y con un diseño simple y barato que sitúa el precio en 250 dólares el kilovatio hora totalmente instalado –menos de una décima parte de las actuales baterías de iones de litio–, y Sadoway las diseña a gran escala.

«Actualmente, los prototipos en funcionamiento de LMB tienen el tamaño de un disco de hockey sobre hielo y son capaces de almacenar veinte vatios-hora», dice Sadoway, «pero se está trabajando con unidades de mayor tamaño. Imagínate un aparato del tamaño de un congelador que sea capaz de almacenar treinta kilovatios hora de energía, lo suficiente como para poner en marcha tu casa durante un día. Los hemos diseñado para que sean del tipo “instálalo y olvídate” –es decir, capaces de funcionar durante quince a veinte años sin necesidad de la intervención de seres humanos. Es barato, silencioso, no requiere mantenimiento, no produce gases de efecto invernadero y está fabricado con elementos abundantes en la Tierra». Con un precio de 250 dólares por kilovatio hora, una unidad para una casa costaría en torno a 7.500 dólares. Divídelo entre quince años, añadiéndole el coste del capital y la instalación, y una de esas casas con LMB podría funcionar con un coste de menos de 75 dólares al mes.

Pero la auténtica belleza de estos sistemas es la posibilidad de fabricarlos a escala. Una LMB del tamaño de un contenedor de barco puede suministrar la energía necesaria para un barrio; otra del tamaño de un supermercado, la de una ciudad pequeña. «Durante la próxima década, estamos planificando poner en marcha la LMB del tamaño de un contenedor, seguida de cerca por la unidad familiar», dice Sadoway. «Hay un camino claro para llegar hasta ahí, y no se necesitan avances milagrosos».

Por supuesto que cuando resolvamos el problema del almacenamiento, esto proporcionará a las energías solar y eólica un impulso muy importante, por lo que averiguar qué hacer con esas sucias plantas de carbón se convierte en un problema real. También respecto a esto Bill Joy tiene una idea. «Es difícil de creer que las empresas energéticas vayan a cerrar un activo completamente amortizado que sigue produciendo dinero todos los días. Lo que deberíamos hacer es cambiar el modelo y hacer que se conviertan en plantas de apoyo en situaciones de emergencia. Podemos utilizar un 100 por 100 de renovables para nuestra carga básica y solo acudir a las plantas de carbón cuando las previsiones meteorológicas anuncien que vamos a tener un problema real. Solo pagaríamos los servicios para mantenerlas y las haríamos funcionar de vez en cuando, del mismo modo que pones en marcha tu generador de emergencia.»

Nathan Myhrvold y la cuarta generación

A Nathan Myhrvold le gustan los desafíos,⁵¹ quizá más que a la mayoría. Empezó la universidad a los catorce años y la acabó —con tres másters y un doctorado en la Universidad de Princeton— con veintitrés. Después pasó un año con el físico Stephen Hawking, estudiando cosmología, y más tarde se convirtió en un paleontólogo de prestigio mundial, fotógrafo premiado y cocinero *gourmet*, todo esto en su tiempo libre. En su vida laboral, Myhrvold fue director tecnológico de Microsoft, y se marchó con una cantidad que,⁵² como dijo en una ocasión la revista *Fortune*, «asciende a nueve cifras». Después fue cofundador del acelerador de innovaciones Intellectual Ventures. Pero todo esto no era sino la fase de calentamiento. «En mi opinión, el problema que hay que resolver este siglo es ¿cómo proporcionamos

suficiente energía sin carbono a todo el mundo?», dice. «Es un desafío enorme».

Myhrvold no se equivoca. Actualmente, nuestra civilización funciona con dieciséis teravatios de energía⁵³ –la mayor parte de fuentes generadoras de CO₂–. Si realmente nos tomamos en serio combatir la pobreza energética y elevar los niveles de vida globales, entonces necesitamos triplicar –quizá incluso cuadruplicar– esa cifra durante los próximos veinticinco años. Al mismo tiempo, si queremos estabilizar la cantidad de CO₂ en la atmósfera en 450 partes por millón⁵⁴ (la cifra en la que hay consenso para evitar un cambio climático drástico), tendremos que sustituir trece de esos dieciséis teravatios con energía limpia. Por decirlo de otra manera: cada año, los humanos echamos 26.000 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera,⁵⁵ o unas cinco toneladas por cada habitante del planeta. Tenemos poco más de dos décadas para reducir esa cifra casi a cero, y al mismo tiempo aumentar la producción global de energía para alcanzar las necesidades de los mil millones emergentes.⁵⁶

Sin duda, hay muchos que creen que la energía solar dará el salto y se encontrarán maneras de superar el problema de su almacenamiento,⁵⁷ y que alcanzar esas necesidades con renovables es perfectamente factible. Pero hay muchos otros, incluyendo a Myhrvold, que piensan que la única opción es la energía nuclear. De hecho, esta creencia nunca ha tenido tantos adeptos.

Tanto la administración de George W. Bush⁵⁸ como la actual de Obama⁵⁹ respaldan la propuesta, y también lo hacen ecologistas tan serios⁶⁰ como Stewart Brand, James Lovelock y Bill McKibben. Este abrumador apoyo de una tecnología previamente descartada confunde a la gente, pero esto es así principalmente porque la mayoría de la gente basa sus opiniones en hechos que se han quedado desfasados en cuarenta años. «Cuando la mayoría de la gente discute sobre la energía nuclear», dice Tom Blees, autor de *Prescription for the Planet: The Painless Remedy for Our Energy and Environmental Crises*⁶¹, «están discutiendo de Three Mile Island y la tecnología de los años setenta, que es más o menos cuando la industria nuclear estadounidense se detuvo por completo. Pero la investigación no desapareció, solo la construcción de nuevas centrales. Estamos dos generaciones más allá de esa tecnología antigua, y los cambios han sido masivos».

Los científicos designan la potencia nuclear mediante generacio-

nes. Los reactores de la primera generación fueron construidos en los años cincuenta y sesenta; la segunda generación se refiere a los reactores que suministran energía a Estados Unidos actualmente. La tercera generación es considerablemente más barata y segura que las anteriores,⁶² pero es la cuarta generación la que explica la reciente avalancha de apoyos. La razón es simple: esta tecnología de cuarta generación fue desarrollada para resolver todos los problemas que durante mucho tiempo se asociaron con la energía nuclear –seguridad, coste, eficiencia, residuos, escasez de uranio e incluso la amenaza del terrorismo– sin crear ninguno nuevo.

Las tecnologías de cuarta generación son de dos tipos. El primero son los reactores rápidos, que funcionan a temperaturas más altas⁶³ porque los neutrones que hay en su interior rebotan a un ritmo más rápido que en los reactores tradicionales de agua ligera. Este calor adicional proporciona a los reactores rápidos la capacidad de convertir los residuos nucleares y el excedente de uranio y plutonio de tipo armamentístico en electricidad. La segunda categoría son los reactores líquidos de fluoruro de torio.⁶⁴ Estos queman el torio, que es cuatro veces más abundante que el uranio, y en el proceso no crean ningún residuo nuclear de larga vida.

Como norma general, todas las tecnologías de cuarta generación son «pasivamente seguras»⁶⁵ –lo que significa que, en caso de problemas, son capaces de apagarse sin intervención humana. La mayoría de los reactores rápidos, por ejemplo, queman combustibles metálicos líquidos. Cuando uno de estos se recalienta, se expande, por lo que desciende su densidad, y la reacción se desacelera. Según el físico nuclear jubilado del Laboratorio Nacional Argonne, George Stanford,⁶⁶ los reactores no se pueden fundir. «De esto estamos seguros», dice, «porque en las pruebas realizadas, Argonne repitió las condiciones exactas que condujeron a los desastres de Three Mile Island y de Chernobil, y no pasó nada».

Pero lo que ha levantado más entusiasmos son las llamadas nucleares del patio trasero.⁶⁷ Estos reactores nucleares (SMR) autocontenidos, de pequeña escala, modulares y de cuarta generación son construidos en serie (para abaratar costes), completamente sellados, y diseñados para funcionar durante décadas sin mantenimiento. Una serie de caras conocidas, como Toshiba y Westinghouse, y otras de recién llegados al mundo nuclear, como la empresa de Nathan Myhr-

vold, TerraPower,⁶⁸ han entrado en este campo por el tremendo potencial de los SMR para proporcionar a todo el mundo energía sin carbono.

Con inversiones a partes iguales de Bill Gates y el inversor de capital riesgo Vinod Khosla, Myhrvold fundó TerraPower para desarrollar el reactor de onda viajera (TWR), una variante de la cuarta generación que él llama «el reactor rápido de neutrones pasivo más simplificado del mundo». El TWR no tiene piezas móviles, no puede fundirse, y pueden funcionar con seguridad durante más de cincuenta años literalmente sin ninguna intervención humana. Puede hacer todo esto sin requerir ninguna operación de enriquecimiento, sin manejo de combustible gastado y sin instalaciones de reprocesamiento o almacenamiento de residuos, y lo que es más, los TWR son una fuente de suministro de energía para una región o ciudad consistente en «construir, quemar y olvidar», convirtiéndolos en una solución ideal para el mundo en vías de desarrollo.

Por supuesto que proporcionar energía para el mundo en vías de desarrollo requerirá decenas de miles de centrales nucleares. Myhrvold reconoce la magnitud de su desafío, pero señala correctamente que «si tenemos que alcanzar nuestro objetivo de abundancia energética, lugares como África y la India son los sitios donde es más necesario un incremento masivo. Esta es exactamente la razón por la que hemos diseñado esos reactores con características de seguridad, facilidad de mantenimiento y a prueba de proliferación. Tenemos que adaptarlos para su uso en el mundo en vías de desarrollo». También señala lo bueno que es su método para el medio ambiente: «Podríamos suministrar energía al mundo durante los próximos mil años simplemente quemando y deshaciéndonos del uranio enriquecido y de las barras de control usadas en el pasado».

Si es así, ¿cuándo podremos ver uno de estos reactores? Myhrvold quiere contar con una unidad de prueba funcionando en 2020. Si este calendario se cumple, entonces TerraPower tiene una ventaja real. Fuera de un puñado de proyectos, la mayoría de los reactores de cuarta generación no llegarán al mercado hasta 2030, y lo que es más importante, Myhrvold piensa que el precio de la energía suministrada por los TWR puede estar por debajo del que tiene el carbón —lo cual es, exactamente, lo que se necesita para que se extienda por el mundo.

La energía perfecta

De dónde saquemos nuestra energía es solo una parte del problema; cómo la distribuyamos es igualmente importante. Imagina una red inteligente de cables de alta tensión, subcentrales y sensores capaces de gestionar la energía hasta el nivel de una simple bombilla.⁶⁹ Este es el sueño de los ingenieros de redes inteligentes de hoy en día. Actualmente, la única red verdaderamente extensa es Internet, que es por lo que Bob Metcalfe⁷⁰ compara constantemente la actual «red [eléctrica] tonta» con los orígenes de la telefonía. Metcalfe, fundador de 3Com Corporation y actualmente socio general de Polaris Venture Partners, es experto en inversiones relacionadas con la energía. Comenzó su carrera como uno de los creadores tanto de Arpanet como de Ethernet, y sabe lo que se necesita para construir algo tan vasto como Internet. «En la primera época todo estaba compartimentado», dice. «La informática la hacía IBM, las comunicaciones AT&T. Voz, vídeo y datos eran servicios distintos: la voz era sinónimo de teléfono, el vídeo de televisión, y los datos, de los teletipos enchufados a un sistema de ordenadores de uso compartido. Estos eran tres mundos diferentes con redes y agencias reguladoras distintas. Internet ha disuelto estas distinciones y fronteras».

Actualmente vemos una balcanización similar en la energía, pero Metcalfe cree que las distinciones entre producción, distribución, detección, control, almacenamiento y consumo acabarán desapareciendo. Dice: «Cuando comenzó a explotar el tráfico de Arpanet, nuestra primera reacción fue tratar de embutirlo a través de la antigua infraestructura de AT&T centrándonos en la eficiencia de compresión. Consideramos los datos del mismo modo en que tratamos de conservar la energía hoy en día. Entonces, como ahora, el problema era una red centralizada insuficientemente resistente como para cubrir nuestras necesidades. Pero, cuarenta años después de Arpanet, el problema no es de conservación; de hecho, estamos inundados de información. En última instancia, la arquitectura de Internet ha permitido un crecimiento en el flujo de datos multiplicado por un millón. De modo que, si Internet es nuestra guía, cuando seamos capaces de crear la red de energía de la siguiente generación –lo que llamo Enernet–, creo que estaremos inundados de energía. De hecho, cuando ya tengamos Enernet, creo que tendremos tal abundancia de energía que la derrocharemos».

Por tanto, ¿cuáles son las características de esa red inteligente? Metcalfe se imagina una red de malla distribuida, no como Internet, que permitiría el intercambio de energía entre una multitud de productores y consumidores en redes locales y también más amplias. «No tiene que estar sincronizada», añade, «de modo que cualquiera pueda conectar o desconectar la energía igual de fácilmente que como hacemos hoy en día con los ordenadores, los móviles o los módems conectados a la red».

Quizá el mayor cambio que predice Metcalfe es el aumento masivo de capacidad de almacenamiento. «Las antiguas redes de telecomunicaciones carecían de capacidad de almacenamiento y se parecían mucho a la red de energía actual», dice. «Tu voz analógica entraba en un extremo de la red y volaba hasta el otro extremo. Pero esto ha cambiado drásticamente. El Internet actual está lleno de todo tipo de almacenamientos en cualquier posible emplazamiento —en el interruptor, en el servidor, en tu edificio o en tu teléfono. La red inteligente del mañana también tendrá lugares de almacenamiento en todas partes: en tus aparatos eléctricos, en tu casa, en tu coche, en tu edificio, en la comunidad y en todos los puntos de producción de energía».

Cisco, una de las mayores empresas mundiales de conexión de redes, ha adquirido un enorme compromiso para crear una red inteligente.⁷¹ Laura Ipsen,⁷² vicepresidenta primera a cargo del negocio energético de Cisco, explica la oportunidad: «Hoy en día tenemos más de 1.500 millones de conexiones a Internet. Pero esto es pequeño en comparación con el número de conexiones a la red eléctrica, que es al menos diez veces mayor. Piensa en el número de aparatos eléctricos que tienes conectados en casa, compáralo con el número de dispositivos direccionables mediante IP. Se trata de una enorme oportunidad».

Ipsen piensa que nos estamos moviendo rápidamente hacia un mundo en el que cada aparato que consuma energía tenga una dirección IP y sea parte de una inteligencia distribuida. «Estos aparatos conectados», dice, «sin importar lo pequeños que sean, comunicarán su uso de energía y se apagarán ellos mismos cuando no se necesiten. En última instancia, deberíamos ser capaces de duplicar o triplicar la eficiencia de un edificio o comunidad».

Cisco tiene un calendario agresivo para lograr esta visión. Dice Ipsen:

A corto plazo, durante los próximos siete años, la red inteligente estará dominada por «detección y respuesta». Sensores conectados a una IP monitorizarán el uso de la energía y gestionarán la demanda, organizando el tiempo de las aplicaciones que no son críticas, como retrasando el inicio de tu lavaplatos a mitad de la noche, cuando la energía es más barata. A partir de 2012 y durante la siguiente docena de años, prevemos que las energías solar y eólica se integrarán rápidamente, permitiendo a comercios y viviendas quedarse fuera de la red para la mayor parte de sus necesidades.

Al final, el objetivo es la generación distribuida integrada, unida a aparatos inteligentes mediante IP, y un almacenamiento distribuido por todas partes que permita lo que Ipsen llama «la energía perfecta».

¿Qué significa realmente la abundancia de energía?

En este capítulo nos hemos centrado principalmente en la energía solar, los biocombustibles y la nuclear. Sin duda, hay muchas otras tecnologías que considerar. No he hablado del gas natural, que, dados los grandes hallazgos en el mundo, es la última moda. Tampoco me he referido a la energía geotérmica, que es razonablemente fiable y limpia, pero que puede carecer de fácil acceso geográfico.

Sin embargo, hay motivos por los que este capítulo pone énfasis en la energía solar. Está la polución, el carbono y la ausencia de estigma. Si somos capaces de resolver el problema de su almacenamiento, la luz solar acabará siendo abundante y democrática. Hay más energía en la luz del sol que llega a la superficie terrestre en una hora que toda la energía fósil consumida en un año, y lo que es más importante, si queremos lograr la abundancia energética, tenemos que elegir tecnologías ascendentes, idealmente en curvas exponenciales. La energía solar cumple todos estos criterios.

Según Travis Bradford, director ejecutivo de Carbon War Room⁷³ y presidente del Instituto Prometeo de Desarrollo Sostenible, los precios de la solar están descendiendo entre un 5 y un 6 por ciento anual, y su capacidad está aumentando a un ritmo del 30 por ciento anual.

Así que, cuando los críticos señalan que la energía solar representa actualmente un 1 por ciento de nuestra energía, esto responde a un pensamiento lineal en un mundo exponencial. Si ampliamos la actual penetración del 1 por ciento a un ritmo anual del 30 por ciento de crecimiento, nos sitúa a dieciocho años de cubrir un 100 por 100 de nuestras necesidades energéticas con la energía solar.

Pero el crecimiento no se detiene aquí, y sin duda se vuelve interesante. Diez años después –veintiocho desde ahora– a este ritmo y estaríamos produciendo el 1.550 por ciento de las necesidades globales de energía a través de la solar, y aún mejor, al mismo tiempo que esta producción aumenta, la tecnología permite que cada electrón alcance lugares cada vez más lejanos. Tanto si se trata de las redes inteligentes que hacen que el uso de energía sea dos o tres veces más eficiente como de innovaciones –del estilo de las bombillas LED, que disminuyen las necesidades de energía para iluminar una habitación desde cien vatios hasta cinco–, se está produciendo un cambio drástico. Realmente, si sumamos el descenso de nuestro uso de energía gracias a las ganancias en eficiencia y el aumento de la generación debido a la innovación, se puede producir una tal abundancia de energía que nos podamos permitir derrocharla.

¿Y qué hacemos con una abundancia de energía derrochable? Por supuesto que Metcalfe lleva pensando en ello desde hace tiempo. Propone:

Primero, ¿por qué no disminuir el precio de la energía en un orden de magnitud, haciendo que el crecimiento económico del planeta se dispare? En segundo lugar, podríamos abrir de verdad la frontera espacial, utilizando esa energía para mandar a millones de personas a la Luna o a Marte. Tercero, con esa cantidad de energía puedes proporcionar a cada habitante de la Tierra diariamente la cantidad media de agua limpia y potable de Estados Unidos. Cuarto, ¿y si utilizamos esa energía para eliminar realmente el CO₂ de la atmósfera terrestre? Conozco a un profesor de la Universidad de Calgary, el doctor David Keith, que ha desarrollado esa máquina. Alimentándola con energía barata, incluso podríamos resolver el problema del calentamiento global. Estoy seguro de que hay una lista mucho más larga de buenos ejemplos.

Para ver hasta qué punto esta lista podía ser más larga, envié un *tweet* con la pregunta de Metcalf. Mi respuesta favorita llegó del usuario de Twitter, BckRogers, que escribió: «Todas las guerras son realmente conflictos sobre la obtención de recursos energéticos. Así que acabad con las guerras». No tengo la certeza de que sea tan simple, pero teniendo en cuenta todo lo que hemos tratado en este capítulo, hay algo que parece seguro: vamos a averiguarlo.

El agujero en la pared

En 1999, el físico indio Sugata Mitra se interesó por la educación.¹ Sabía que había lugares en el mundo sin escuelas y otros en los que los buenos profesores no querían dar clases. El problema que se planteó fue qué hacer por los niños que vivían en estos lugares. El autoaprendizaje era una posible solución, pero los niños que vivían en barrios marginales, ¿serían capaces de tanta disciplina?

En aquella época Mitra era el jefe de investigación y desarrollo de NIIT Technologies, una empresa puntera de software y desarrollo informático de Nueva Delhi, India. Sus elegantes oficinas del siglo xxi eran contiguas a un barrio marginal, pero estaban separadas de él por un alto muro de ladrillo. De modo que Mitra diseñó un sencillo experimento. Hizo un agujero en la pared e instaló un ordenador y un ratón, con la pantalla y el ratón girados hacia el barrio marginal. Lo hizo de tal modo que no pudiera ser robado, después conectó el ordenador a Internet, añadió un navegador y se marchó.

Los chicos que vivían en el barrio no hablaban inglés y no sabían cómo utilizar el ordenador ni tenían conocimientos de Internet, pero eran curiosos. En cinco minutos averiguaron cómo señalar y hacer clic. Al acabar el primer día estaban navegando por Internet y –lo que es aún más importante– enseñándose unos a otros cómo hacerlo. Este hecho le planteó más preguntas que respuestas. ¿Era eso real?

¿Verdaderamente habían aprendido a utilizar el ordenador ellos solos o alguien, quizá sin que lo captara la cámara de vídeo oculta de Mitra, les había explicado cómo funcionaba?

Así que Mitra trasladó el experimento a los suburbios de Shivpuri, donde, como él dice, «me aseguraron que nadie había enseñado nunca nada a nadie». Logró resultados similares. A continuación se lo llevó a un pueblo y descubrió lo mismo. Desde entonces su experimento se ha replicado en toda la India, y en todo el mundo, y siempre con el mismo resultado: niños que colaboran en pequeños grupos sin supervisión alguna y sin ninguna formación² podían aprender a utilizar ordenadores muy rápidamente y con un alto grado de competencia.

Esto llevó a Mitra a realizar una serie de experimentos cada vez más importantes sobre qué otras cosas podían aprender por su cuenta los niños. Uno de los más ambiciosos se llevó a cabo en el pequeño pueblo de Kalikkuppam, en el sur de la India. Esta vez Mitra decidió comprobar si un puñado de niños de doce años, pobres y que hablaban tamil, podían aprender a usar Internet, cosa que no habían visto antes; enseñarse a sí mismos biotecnología, una materia de la que no habían oído hablar, y en inglés, un idioma que ninguno de ellos hablaba. «Todo lo que hice fue decirles que había una información muy difícil en ese ordenador, y que probablemente no entenderían nada, y que volvería para evaluarles unos cuantos meses después.»

Dos meses más tarde regresó y les preguntó a los estudiantes si habían entendido el material. Una chica joven levantó la mano. «Aparte del hecho de que la duplicación impropia de la molécula del ADN provoca enfermedades genéticas», dijo, «no hemos entendido nada». En realidad no era así. Cuando Mitra les evaluó, la puntuación media que consiguieron fue de alrededor del 30 por ciento. Pasar de 0 a 30 por ciento en dos meses sin instrucción formal era un resultado bastante extraordinario, pero seguía sin ser suficiente para aprobar un examen típico. Así que Mitra les llevó ayuda. Contrató a una niña del pueblo algo mayor para que hiciese de tutora. No sabía nada de biotecnología, pero se le pidió que utilizara el «método de la abuela»: simplemente estar pendiente de los chicos y darles ánimos, del tipo: «Caramba, eso está muy bien, es fantástico, ¡muéstrame algo más!». Dos meses después Mitra regresó. Esta vez, cuando los examinó, las notas medias habían subido hasta el 50 por ciento, que era la misma

media que conseguían los estudiantes que daban biotecnología en los mejores institutos de Nueva Delhi.

A continuación, Mitra comenzó a afinar el método. Empezó a instalar terminales de ordenador en las escuelas. En lugar de proponer a los estudiantes un tema amplio –por ejemplo, la biotecnología–, se dedicó a hacerles preguntas directas del tipo: «¿La Segunda Guerra Mundial estuvo bien o mal?». Los estudiantes podían utilizar cualquier fuente disponible para contestar a la pregunta, pero se pidió a los colegios que restringieran el número de portales de Internet a uno para cada cuatro estudiantes, porque, como escribió Matt Ridley en el *Wall Street Journal*^B, «un niño delante de un ordenador aprende poco; cuatro discutiendo y debatiendo aprenden mucho». Cuando posteriormente los examinaron sobre la materia (sin el uso de ordenadores), la nota media fue del 76 por ciento. Esto es bastante impresionante por sí mismo, pero existía la duda de cuál era la verdadera profundidad de su aprendizaje. De modo que Mitra regresó dos meses después, volvió a examinar a los estudiantes, y obtuvo exactamente los mismos resultados. Esto no solo era aprendizaje en profundidad, era una retención de la información sin precedentes.

Desde entonces Mitra ha empezado a trabajar como profesor de tecnología de la educación en la Universidad de Newcastle (Inglaterra), donde ha desarrollado un nuevo modelo de enseñanza primaria que llama «educación mínimamente invasiva».⁴ Para lograr ese objetivo ha creado «ambientes de aprendizaje autoorganizados» (SOLES) en distintos países de todo el mundo. En realidad, estos SOLES son simplemente terminales de ordenador con un banco para sentarse. En cada banco caben cuatro niños. Dado que los SOLES también están instalados en lugares donde no hay buenos profesores, estas máquinas están conectadas con lo que Mitra llama «la nube de las abuelitas» –literalmente, grupos de abuelas reclutadas en todo el Reino Unido, que están de acuerdo en dedicar una hora a la semana de su tiempo para hacer de tutoras de estos chicos a través de Skype. Mitra ha descubierto que, de media, la nube de las abuelitas puede mejorar las notas en un 25 por ciento.

En conjunto, esta forma de trabajar significa cambiar radicalmente una serie de prácticas educativas. En lugar de las instrucciones de arriba abajo, SOLES va de abajo arriba. En lugar de hacer que los estudiantes aprendan cada uno por su cuenta, este trabajo es colabo-

rativo. En lugar de requerir un entorno escolar para la enseñanza, el método del «agujero en la pared» depende de un entorno de patio de recreo, y lo que es más importante, esta educación mínimamente invasiva no precisa profesores. Actualmente se prevé una falta global de 18 millones de profesores para la próxima década. La India necesita otros 1,2 millones; Estados Unidos 2,3 millones, y el África subsahariana precisa un milagro. Como explicó recientemente Peter Smith, director general adjunto para la educación de Naciones Unidas: «Este es el Darfur del futuro de los niños en términos de alfabetización. Tenemos que inventar nuevas soluciones, o tendremos que dar prácticamente por perdida a esta generación».

Pero Mitra descubrió que las soluciones ya existen. Si lo que realmente se necesita son estudiantes sin formación especial, abuelas sin formación especial y un ordenador con conexión a Internet para cada cuatro estudiantes, entonces no deberíamos temer el Darfur de la alfabetización. Claramente, no faltan niños ni abuelas. La conectividad inalámbrica ya existe para más del 50 por ciento del mundo y se está extendiendo rápidamente al resto. ¿Y los ordenadores baratos? Bueno, aquí es exactamente donde aparece el trabajo de Nicholas Negroponte.

Una tableta para cada niño

Una de las primeras personas en reconocer el potencial educativo de los ordenadores fue Seymour Papert. Formado originalmente como matemático, Papert pasó muchos años trabajando con el famoso psicólogo infantil Jean Piaget antes de trasladarse al MIT, donde él y Marvin Minsky cofundaron el Laboratorio de Inteligencia Artificial. Desde su posición privilegiada, en 1970, Papert produjo su ahora famoso artículo,⁵ «Enseñar a pensar a los niños», en el que argumentaba que la mejor manera que tenían los niños para aprender no era la «instrucción», sino más bien la «construcción» —es decir, aprender haciendo, especialmente cuando hacer implica un ordenador.

Como esto tuvo lugar cinco años antes de que el Club del Ordenador Hecho en Casa tuviera su primera reunión, mucha gente se rió de las ideas de Papert. Los ordenadores eran gigantescos y caros. Exactamente, ¿cómo iban a llegar a manos de los niños? Pero un

investigador llamado Nicholas Negroponte⁶ se lo tomó en serio. Conocido actualmente como uno de los padres fundadores de la Era de la Información, el fundador del Grupo de Arquitectura de Máquinas del MIT, y cofundador del Media Lab, también de esa institución, Negroponte también pensaba que los ordenadores podían ser un medio de llevar una educación de calidad al 23 por ciento de los niños del mundo que actualmente no están escolarizados.⁷

Con este objetivo, en 1982, Papert y Negroponte compraron ordenadores Apple II para chicos en edad escolar de Dakar (Senegal), confirmando lo que Mitra ya había comprobado antes: que los niños de zonas rurales pobres se aficianan a los ordenadores tan rápidamente como otros niños. Unos cuantos años después, en el Media Lab, la pareja creaba la «Escuela del futuro», que llevó los ordenadores a las aulas y sirvió de banco de pruebas para las ideas. En 1999, Negroponte llevó esas ideas al extranjero y comenzó a crear escuelas en Camboya. A cada estudiante le dieron un portátil y una conexión a Internet. También aprendieron su primera palabra en inglés: *Google*.

La experiencia fue poderosa. Negroponte se marchó de Camboya con dos creencias firmes. Una, que los niños de cualquier parte aman Internet. Dos, que el mercado no estaba especialmente interesado en fabricar ordenadores de bajo coste, especialmente que fueran suficientemente baratos para el mundo en vías de desarrollo, donde los presupuestos anuales de educación pueden ser tan bajos como veinte dólares por niño. En 2005 empezó a trabajar para encontrar una solución. Creó Un Portátil para cada Niño (OLPC),⁸ una iniciativa cuyo objetivo era proporcionar a todos los niños del planeta un portátil sólido, de bajo coste, de bajo consumo y con conexión.

Aunque el legendario ordenador de cien dólares de PVP todavía se tiene que materializar⁹ (actualmente está en torno a 180 dólares), OLPC ha entregado portátiles a tres millones de niños en el mundo. Dado que la iniciativa está basada en el modelo educativo «aprender haciendo», los exámenes «basados en la memorización» y otras formas de medir el aprendizaje no se aplican. Pero sí hay otras maneras de medirlo. «La prueba más convincente que he encontrado de que este programa funciona», dice Negroponte, «es que allí donde vamos, el absentismo escolar desaparece, y vamos a algunos lugares en los que es tan alto como el 30 por ciento de los niños, y de pronto se reduce a cero».

El absentismo escolar no es exclusivo del Tercer Mundo. De media, solo dos tercios de los estudiantes estadounidenses de la escuela pública terminan el bachillerato¹⁰ —la tasa de bachilleres es la más baja del mundo industrializado. En algunas zonas, la tasa de abandono escolar es superior al 50 por ciento; entre las comunidades de nativos americanos es mayor del 80 por ciento. Muchos suponen que estos estudiantes dejan el instituto porque son incapaces de realizar el trabajo que se les pide, pero las investigaciones llevadas a cabo por la Fundación Gates descubrieron que no es así. «En una investigación de quinientos abandonos de todo el país», escribe Tony Wagner,¹¹ codirector del Grupo de Cambio de Liderazgo de Harvard, en su libro *The Global Achievement Gap: Why Even Our Best Schools Don't Teach the New Survival Skills Our Children Need —And What We Can Do About It*, «en torno a la mitad de esas personas dijeron que habían abandonado la escuela porque sus clases eran aburridas e irrelevantes para sus vidas o para sus aspiraciones profesionales. Una mayoría también dijo que los institutos no les motivaban para estudiar en serio. Más de la mitad habían abandonado a solo dos años o menos de conseguir el título de bachiller, y el 88 por ciento tenían la nota mínima en el momento de dejarlo. Casi tres cuartas partes de los entrevistados dijeron que habrían podido lograr el título si hubieran querido».

Si el OLPC tendrá los mismos efectos en Estados Unidos es una cuestión no resuelta (la versión norteamericana¹² no se puso en marcha hasta 2008), pero su impacto global continúa creciendo. Uruguay ha convertido el OLPC en la columna vertebral de su educación primaria, y otros países están empezando a seguir ese camino. En abril de 2010 la organización se asoció con los países del este de África para enviar quince millones de portátiles a niños de Kenia, Uganda, Tanzania, Ruanda y Burundi.

El cambio reciente de un portátil de cien dólares a una tableta de 75 dólares ayudará a llevar a cabo la visión de Negroponte. Por supuesto que, dado que Nokia está desarrollando actualmente un teléfono inteligente de cincuenta dólares —que muy probablemente se difundirá de forma espontánea en lugar de requerir una inversión significativa de los gobiernos—, esto plantea la pregunta de «¿por qué preocuparse?». Pero Negroponte piensa que el móvil inteligente no es el aparato adecuado para proporcionar educación, argumentando que las tabletas ofrecen lo que él llama «la experiencia del libro», que

considera fundamental para aprender. Conociendo la trayectoria del Media Lab con las relaciones máquinas-humanos, estaríamos locos si no tuviéramos en cuenta sus opiniones. E incluso si los teléfonos inteligentes acabasen convirtiéndose en la plataforma favorita del futuro, ¿a quién le importa, siempre y cuando todos los niños tengan acceso a una educación?

Otro ladrillo en el muro

Nuestro actual sistema educativo se forjó en el calor de la Revolución industrial, un hecho que no solo influyó en los temas que se enseñan, sino también en cómo se enseñan. La estandarización ha sido la norma,¹³ la conformidad, el resultado deseado. A los estudiantes de la misma edad se les ofrecen los mismos textos y son examinados según las mismas escalas de rendimiento. Los colegios se organizan como fábricas: la jornada se divide en periodos iguales, los timbres señalan el principio y el final de cada periodo. Incluso la docencia, como dijo sir Ken Robinson¹⁴ en su excelente libro *Busca tu elemento: aprende a ser creativo individual o colectivamente*, ha sido objeto de la división del trabajo: «Como en una cadena de montaje, los estudiantes se desplazaban de habitación en habitación para que les enseñaran diferentes profesores especializados en disciplinas separadas».

Hay que decir, en su defensa, que la transición de la educación desde algo excepcional reservado al clero y a la aristocracia hasta una situación en la que todo el mundo tenía derecho a la escolarización gratuita, ha sido de carácter radical. Pero han transcurrido más de ciento cincuenta años desde entonces, y nuestro sistema educativo se ha quedado estancado. El propio Robinson se ha convertido en una de las voces más ruidosas pidiendo una reforma y argumentando que los colegios actuales —con su hincapié en la conformidad extrema— están matando la creatividad e inhibiendo el talento.¹⁵ «Como humanos, todos tenemos un potencial inmenso», dice, «pero la mayoría de la gente vive toda su vida sin explotar ese potencial. La cultura humana, y la escuela es un componente fundamental de cómo difundimos esa cultura, realmente es un conjunto de permisos. Permiso para ser diferente, permiso para ser creativo. Nuestros sistemas educativos rara vez dan a la gente el permiso para

ser ellos mismos. Pero, si no puedes ser tú mismo, es difícil conocerte, y si no te conoces, ¿cómo puedes llegar a explotar tu verdadero potencial?».

Así que si nuestro sistema actual no está cumpliendo el propósito para el que se diseñó, ¿exactamente qué es lo que está haciendo? Esta no es una pregunta fácil de contestar debido a una serie de razones, y no es la menor de ellas que ya no estamos de acuerdo sobre los elementos que componen el éxito académico. En Estados Unidos, por ejemplo, después de la aprobación de la ley de 2001, «Ningún Niño Abandonado», ahora tenemos el objetivo declarado de lograr una capacidad del 100 por ciento en lectura y matemáticas para 2014. La mayoría considera que éste es un objetivo difícil, pero incluso si lo lográramos, ¿nos llevaría a donde queremos ir? Tony Wagner, de Harvard, no está seguro.¹⁶

Las llamadas matemáticas avanzadas son el ejemplo más claro del desajuste entre lo que se está enseñando y sobre lo que se está examinando en las escuelas y lo que se necesita para la universidad y para la vida. Resulta que se pide, para aprobar los exámenes, saber álgebra... porque es un requisito cuasi universal para acceder a la universidad. ¿Pero de qué se trata? A menos que vayas a estudiar matemáticas, normalmente no necesitas unas matemáticas avanzadas en la universidad, y la mayor parte de lo que necesitas para otros cursos es conocimientos de estadística y probabilidad, así como habilidades básicas de cálculo. Esto es aún más evidente después de la universidad. A los licenciados del Instituto Tecnológico de Massachusetts les hicieron hace poco una encuesta respecto a las matemáticas que ese grupo, con una formación muy técnica, utilizaban con más frecuencia en su trabajo. El supuesto era que si algún adulto utilizaba unas matemáticas de alto nivel, debería ser un licenciado del MIT, y aunque unos pocos lo hacían, la abrumadora mayoría declaró que solo usaban la aritmética, la estadística y algo de probabilidad.

En conjunto, Wagner y Robinson señalan que no estamos enseñando lo que conviene y que además lo estamos enseñando mal. Dos quintas partes de todos los estudiantes de bachillerato necesitan cursos de recuperación al entrar en la universidad. Solo en el estado de Michi-

gan, el Centro Mackinac de Políticas Públicas¹⁷ estima que los cursos de recuperación cuestan a la universidad y a las empresas unos 600 millones de dólares al año. Un informe de 2006 sobre el tema por parte de la Heritage Foundation observaba que:¹⁸ «Si los otros 49 estados y el Distrito de Columbia se parecen en algo a Michigan, el país gasta decenas de miles de millones de dólares cada año para compensar las carencias de las escuelas públicas». Hace unos años, la Asociación Nacional de Gobernadores entrevistó¹⁹ a trescientos profesores de universidad sobre sus estudiantes de primer año. El resultado fue que el 70 por ciento dijo –que sus estudiantes no podían entender cuestiones complejas; el 66 no podía pensar de forma analítica; el 62 escribía mal; el 59 no sabía cómo investigar y el 55 no podía aplicar sus conocimientos. No es sorprendente que el 50 por ciento de todos los estudiantes que acceden a la universidad no se licencien.

Incluso para aquellos que sí terminan sus estudios, si el objetivo de la universidad es preparar a los estudiantes como fuerza de trabajo, también aquí está fallando. En 2006 se les hizo una pregunta sencilla a ejecutivos de cuatrocientas grandes empresas:²⁰ «¿Los estudiantes que acaban la carrera están listos para trabajar?». Su respuesta fue: «Realmente no». Y esto está pasando ahora mismo. Los que están llegando este año a los jardines de infancia se jubilarán en torno a 2070 (suponiendo que no cambiemos la edad de jubilación). ¿Cómo será el mundo en 2070? ¿Qué habilidades necesitarán nuestros hijos para prosperar? Nadie tiene ninguna pista.

Lo que sí sabemos es que el modelo educativo industrializado, con su insistencia en la memorización de datos, ya no es necesario. Los datos es lo que Google hace mejor. Pero la creatividad, la colaboración, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, todo eso es otra historia. Todo el mundo, desde los ejecutivos de empresas hasta los expertos en educación, han puesto énfasis repetidamente en estas habilidades como los elementos fundamentales que exigen los trabajos actuales. Se han convertido en la nueva versión de las tres reglas (leer, escribir y aritmética); los fundamentos de lo que recientemente ha sido calificado como «el aprendizaje del siglo XXI».²¹

El aprendizaje del siglo XXI tiene docenas de piezas móviles, pero en el centro de todas ellas hay una idea simple. «Una y otra vez», dice Wagner, «en cientos de entrevistas con directivos de empresas y profesores universitarios, insisten en la habilidad para hacer las pre-

guntas adecuadas». Como explica Ellen Kumata,²² socia ejecutiva de la consultora del Fortune 200, Cambria Consulting:

Cuando hablo con mis clientes, este es el desafío: cómo hacer cosas que nadie ha hecho antes, y que te obligan a repensarlo todo, a romper los moldes de una manera radical. Ya no se trata de una mejora incremental. Esto no es suficiente. Los mercados están cambiando demasiado deprisa, los entornos también están cambiando demasiado deprisa... Tienes que dedicar tu tiempo a contestar a las preguntas nuevas. Se trata de comprender cuáles son las preguntas que hay que hacerse, de contestar a preguntas no lineales y antiintuitivas. Son estas las que te llevan al siguiente nivel.

Si la abundancia educativa es nuestro objetivo, estos hechos nos dejan con serias preocupaciones sobre la calidad y cantidad de la educación. Respecto a la calidad, ¿qué tipo de sistema de aprendizaje enseña a los niños a responder a las preguntas adecuadas? Ese sistema necesita poder enseñar a los niños las tres reglas (porque, sí, incluso en esta era digital, estos elementos básicos siguen siendo fundamentales) y las habilidades del siglo XXI que necesitan para triunfar. El problema de la cantidad es igualmente importante. Ya tenemos un déficit de millones de profesores. Olvídate de las infraestructuras. Las escuelas de Estados Unidos se desmoronan;²³ las de África ni siquiera existen. De modo que, aunque averigüemos qué enseñar a nuestros hijos, cómo hacerlo a gran escala sigue siendo igualmente desconcertante.

Pero eclipsando ambas cosas surge un tercer problema. El siglo XXI es un entorno rico en información. Entre Internet, los videojuegos y los quinientos canales por cable, la competencia por la atención de nuestros hijos se ha vuelto implacable. Si el aburrimiento es la causa principal del absentismo, entonces nuestro nuevo sistema educativo necesita ser efectivo, escalable y absolutamente entretenido. De hecho, absolutamente entretenido puede no ser suficiente. Si realmente queremos preparar a nuestros hijos para el futuro, el aprendizaje tiene que convertirse en adictivo.

James Gee se encuentra con *Pajama Sam*

Hace unos diez años, el doctor James Gee se sentó a jugar con *Pajama Sam* por primera vez.²⁴ Gee es un lingüista de la Arizona State University del Estado de Arizona. Sus primeros trabajos examinaron la teoría sintáctica, mientras que sus investigaciones más recientes ahondan en el análisis discursivo. *Pajama Sam* no entra en ninguna de estas categorías. Es un videojuego dirigido a chavales que resuelve problemas. Pero Gee tiene un hijo de seis años y quería ayudarle a desarrollar mejor sus habilidades para resolver problemas.

El juego sorprendió a Gee. Resultó que los problemas eran algo más difíciles de lo esperado, y más asombroso fue lo bien que el juego captó la atención de su hijo. Esto picó la curiosidad de Gee. Comenzó a preguntarse por los videojuegos de adultos, de modo que eligió una copia de *Las nuevas aventuras de la máquina del tiempo*, mayormente porque le gustaba la referencia a H. G. Wells en el título. «Cuando me senté a jugar, aquello no se parecía en nada a lo que me esperaba», recuerda. «Tenía la idea de que los videojuegos eran relajantes, como la televisión. La máquina del tiempo en cambio era difícil, largo y complejo. No se adaptaba a ninguna de mis maneras habituales de pensar. Tuve que volver a aprender cómo aprender. No podía creer que la gente pagara cincuenta dólares para sentirse tan frustrada».

Pero entonces lo vi claro: muchos jóvenes estaban pagando un montón de dinero para realizar actividades tan frustrantes. «Como educador me di cuenta de que este era el mismo problema al que se enfrentaban nuestros colegios: ¿cómo consigues que los estudiantes aprendan cosas que son largas, difíciles y complejas?» Gee se quedó intrigado por las consecuencias de su observación. También por los juegos. Puede que sea el único lingüista en el mundo cuya investigación académica reciente incluya la frase:²⁵ «La Leyenda de Zelda: el despertador de los vientos», pero esa investigación ha ayudado a poner patas arriba gran parte de lo que la gente pensaba sobre los videojuegos.

Por ejemplo, la idea de que los juegos son una pérdida de tiempo solo se sostiene si consideras que un aprendizaje serio y profundo es una pérdida de tiempo. «Fíjate en los jóvenes que juegan al *Pokémon*», dice Gee. «*Pokémon* es un juego para chicos de cinco años, pero

requiere leer mucho para jugar, y el texto no está escrito para niños de cinco años, sino para chavales de unos diecisiete. Al principio la madre tiene que jugar con su hijo leyéndole el texto en voz alta. Por supuesto, esto es estupendo, porque es exactamente así como los niños aprenden a leer, leyendo en alto con sus padres. Pero entonces pasa algo gracioso. El niño se da cuenta de que la madre puede ser buena leyendo, pero no muy buena jugando. Así que empieza a leer para poder echar del juego a la madre y jugar con sus amigos».

Esto solo es el principio. Hay estudios que han mostrado que los juegos son mejores que los libros de texto²⁶ para ayudar a los estudiantes a aprender materias basadas en hechos, como la geografía, la historia, la física y la anatomía, mientras que también mejoran la coordinación visual, la velocidad cognitiva y la destreza manual. Por ejemplo, los cirujanos y los pilotos que se entrenan con videojuegos²⁷ lo hacen mejor que los que no los practican. Pero la verdadera ventaja es la capacidad para hacer lo que la escuela no sabe hacer: enseñar las habilidades propias del siglo XXI. Los juegos que consisten en construir mundos, como *SimCity* y *RollerCoaster Tycoon*, desarrollan las habilidades de planificación y el pensamiento estratégico.²⁸ Los juegos interactivos son grandes maestros de fomentar las habilidades de colaboración;²⁹ los juegos personalizables cumplen una función similar a favor de la creatividad y la innovación. «Algunos educadores comparan jugar con esta clase de juegos con el método científico»,³⁰ según informaba un artículo reciente sobre este tema en el *Christian Science Monitor*. «Los jugadores se enfrentan a un fenómeno que no acaba de tener sentido, observan los problemas, establecen hipótesis y las ponen a prueba siendo conscientes de las causas y efectos». A la vista de todo esto, muchos expertos han llegado a la conclusión evidente: necesitamos encontrar maneras de hacer que el aprendizaje se parezca mucho más a los videojuegos y mucho menos a la escuela.

Hay muchas maneras de conseguirlo. Jeremiah McCall,³¹ un profesor de historia de una escuela diurna del condado de Cincinnati, hace que sus estudiantes comparen las descripciones de batallas en *Roma: Guerra Total* contra las pruebas históricas. Mientras tanto, un profesor de la Universidad de Indiana, Lee Sheldon,³² ha abandonado el sistema tradicional de puntuación, en el que una mala nota puede hacer que los estudiantes se queden atrás. «Eso es desmoti-

vador», dijo el profesor de tecnología del espectáculo de la Universidad Carnegie Mellon, Jesse Schell,³³ en una reciente conferencia sobre la materia. «Un diseñador de videojuegos nunca lo pondría en un juego, porque la gente lo odia». En lugar de ello, Sheldon ha ideado un diseño basado en los juegos de «puntos de experiencia». Los estudiantes comienzan el semestre como un avatar de nivel 0 (equivalente a muy deficiente), y se esfuerzan por alcanzar un nivel 12 (sobresaliente). Esto quiere decir que cualquier cosa que hagas en clase produce un movimiento hacia delante, y los estudiantes siempre saben exactamente dónde están, dos elementos que sirven para motivar.

Hay escuelas nuevas, como Quest2Learn,³⁴ que han llevado las cosas aún más lejos. Fundada por Katie Salen, antigua profesora de diseño y tecnología de Parsons, la Nueva Escuela de Diseño, Q2L, es un colegio público de Nueva York con un plan de estudios basado en diseño de juegos y cultura digital. ¿A qué se parece esto en la vida real? *Popular Science* lo explica de esta manera³⁵: «En una muestra del plan de estudios, los estudiantes crean una novela gráfica basada en el poema épico babilonio *Gilgamesh*, registran su comprensión de la antigua cultura mesopotámica en diarios de geografía y antropología, y juegan al juego de mesa estratégico *Los colonos de Catán*».

Hay otros muchos ejemplos y muchos más en camino. En el ya mencionado encuentro visionario del PREMIO X, el director ejecutivo de Tecnología de Estados Unidos, Aneesh Chopra, y Scott Pearson, del Departamento de Educación, participaron una conversación sobre el uso de premios que incentiven el surgimiento de una nueva generación de juegos educativos «efectivos, cautivadores y virales» para ponerlos en la red. Unos meses después, el presidente Obama dijo:³⁶ «Apelo a la inversión en tecnología de la educación que ayude a crear software educativo tan llamativo como los mejores videojuegos». Tenemos esta revolución encima. Pronto seremos capaces de crear un aprendizaje basado en juegos que sea tan profundo, envolvente y totalmente adictivo que miraremos atrás, a los cien años de hegemonía del modelo industrial, y nos preguntaremos por qué se mantuvo vigente tanto tiempo.

La ira de Khan

En 2006 Salman Khan³⁷ era un exitoso analista de fondos de inversión que vivía en Boston y tenía primos más jóvenes que vivían en Nueva Orleans y a los que había aceptado ayudar en la escuela. Kahn comenzó a darles clases particulares a distancia grabando sencillos vídeos digitales. Normalmente no superaban los diez minutos, y estos vídeos narrados por él mismo consistían en una pizarra digital animada en la que escribía ecuaciones, reacciones químicas y cosas así. Kahn les enseñaba las materias básicas del colegio. Como no veía ninguna razón para no hacerlos públicos, comenzó a colgarlos en YouTube. Sorprendentemente, sus primos preferían ver a Kahn en YouTube que dándoles clase en persona.

«Cuando superas la naturaleza retorcida de la situación», dijo Kahn al público del TED en 2011, «realmente descubres algo profundo. Lo que decían es que preferían la versión automatizada de su primo que a su primo... Desde su punto de vista, esto tiene muchísimo sentido. Se encuentran con una situación en la que pueden detener y repetir lo que dice su primo. Si tienen que repasar algo que aprendieron hace un par de semanas o de años, no tienen por qué sentirse incómodos por tener que preguntárselo a su primo, simplemente pueden volver a ver los vídeos. Si se aburren, se los pueden saltar. Los pueden ver en su momento y a su ritmo».

Los tutoriales tuvieron un gran impacto. Muy pronto la Academia Khan,³⁸ como se conoce hoy en día, se convirtió en un éxito oculto en Internet. En 2009 más de 50.000 personas al mes veían los vídeos. Un año después la cifra había aumentado hasta 200.000 al mes. Otro año después había alcanzado el millón. En el verano de 2011 la Academia Khan tenía más de dos millones de visitas al mes –prácticamente todo el crecimiento exponencial lo había producido el boca a oreja.

A medida que los usuarios han ido aumentando, también lo han hecho los temas tratados. La academia ahora tiene 2.200 vídeos sobre asuntos que van desde la biología molecular hasta la historia de Estados Unidos, pasando por las ecuaciones cuadráticas. Añaden estas clases a diario –grosso modo, mil al año– y tienen planes para abrir la página y comenzar con contenidos de colaboración pública. «Nuestra visión es la de una escuela virtual gratuita», dice el presidente y consejero delegado Shantanu Sinha. «Queremos tener suficiente

contenido como para que cualquiera en el mundo pueda empezar con uno más uno igual a dos y recorrer todo el camino hasta la mecánica cuántica. También queremos traducir los contenidos de la página a los diez idiomas más hablados [Google está realizando este esfuerzo] y después traducirlos a cientos de idiomas mediante colaboración pública. Pensamos que, de esta manera, la página puede alcanzar a tener miles de millones de visitantes al mes».

Para aquellos que prefieren educarse en un lugar físico, la Academia Khan acaba de asociarse con la escuela del distrito Los Altos, del norte de California.³⁹ Juntos están dándole la vuelta al modelo de escuela de doscientos años de antigüedad. En lugar de profesores que utilizan el tiempo de clase para explicar la lección, a los estudiantes se les asignan como deberes ver los vídeos de la Academia Khan, de modo que se pueda dedicar el tiempo de clase a resolver problemas (que también suministra Khan) y a obtener puntos en el camino (diez respuestas correctas proporcionan una insignia al mérito). Esto permite a los profesores personalizar la educación, modificando su papel de «sabio en escena» por el de un profesor particular. Ahora los estudiantes trabajan a su ritmo y solo pasan al tema siguiente cuando han aprendido meticulosamente el anterior. «Esto se llama aprendizaje basado en el dominio», dice Sinha, «y hay investigaciones que se remontan a los años setenta que demuestran que produce un mayor compromiso por parte del estudiante y mejores resultados».

Mejores resultados es exactamente lo que está experimentando Los Altos. En las primeras doce semanas del proyecto, los estudiantes duplicaron su puntuación en los exámenes. «Es como un juego», le dijo John Martínez,⁴⁰ un chico de trece años de Los Altos, a *Fast Company*. «Es como una adicción, quieres conseguir un montón de insignias». Fue por respuestas como esta por lo que Bill Gates, después de la charla de Khan en TED, dijo a los asistentes que «acababan de vislumbrar el futuro de la educación».

Esta vez es personal

Gates tiene razón en parte. Para algunos, la Khan Academy es el futuro de la educación, pero no es el único futuro disponible. De las cosas que hay que aprender de la educación industrial tradicional, destaca

el hecho de que no todos los estudiantes son iguales. Hay los que disfrutan con el choque frontal con el conocimiento que es un vídeo de Khan; otros prefieren que se lo presenten de forma tangencial, que es la manera en que se suele presentar la información en los videojuegos. Sea cual sea el caso, el contenido suministrado digitalmente supone que ya no es el mismo para todos. Ahora los estudiantes pueden aprender lo que quieran, como quieran y cuando quieran. Con la expansión potencial de las tecnologías informáticas, como las tabletas de Negroponte y los teléfonos inteligentes de Nokia, la enseñanza personalizada pronto estará a disposición de cualquiera que la desee, con independencia de en qué parte del mundo viva.

Pero para que la educación universal suministrada digitalmente sea realmente efectiva, también necesitamos cambiar la manera en que medimos el progreso de los estudiantes.⁴¹ «No podremos conseguir un aprendizaje más profundo hasta que no cambiemos los exámenes», dice Gee, «porque estos dirigen el sistema». Aquí también los videojuegos ofrecen una solución. «Un videojuego es simplemente una evaluación», continúa Gee. «Lo que hace el estudiante al jugar es ser evaluado a cada momento mientras trata de resolver problemas, y si no resuelve los problemas, el juego le dice que ha suspendido y que lo vuelva a intentar. Y lo hace. ¿Por qué? Porque los juegos cumplen el papel de los exámenes, la parte del colegio más absurda y dolorosa y los hacen divertidos.» Aún mayor es la capacidad de los videojuegos de capturar datos de los jugadores, permitiendo reunir observaciones muy detalladas sobre el progreso de los estudiantes a cada momento, midiendo literalmente la mejora a cada paso del camino. Conforme se desarrolle esta tecnología, los juegos serán capaces de grabar enormes cantidades de información sobre cada aspecto del desarrollo de todos los estudiantes –una forma de medir los avances muy superior que el método de los exámenes «de talla única» que tenemos actualmente.

No deberíamos suponer que todos estos desarrollos significarán el fin de los profesores. Un estudio tras otro demuestra que los estudiantes tienen mejores resultados cuando reciben clases de alguien a quien le importan sus avances. Esto quiere decir que en lugares en los que hay carencia de profesores, tendremos que extender el alcance de la nube de las abuelitas de Mitra. Existe un potencial aún mayor en las redes tutoriales de igual a igual,⁴² la Fundación John D.

y Catherine T. MacArthur actualmente está probando un nuevo modelo. Lo más importante, puesto que los nuevos modelos educativos convierten a los profesores en preparadores, es seguir investigando para conseguir que estos sean más efectivos. Ahora mismo, la mayor parte de la investigación en educación se basa en técnicas de gestión del aula que ya no son necesarias con la docencia digital. En lugar de ello, hay una gran necesidad de entender cómo utilizar la atención personalizada al estudiante, que ahora es posible.

Finalmente, para aquellos que prefieren que su educación la supervisen máquinas, con el creciente desarrollo de la inteligencia artificial pronto veremos un tutor de inteligencia artificial siempre disponible, siempre a punto. Versiones iniciales de este tipo de sistema, como el tutor de matemáticas Aprendizaje Apangea,⁴³ han permitido mejorar las notas de manera asombrosa. Por ejemplo, la Escuela Media Bill Arnold⁴⁴ en Grand Prairie, Texas, utilizó el programa de matemáticas Apangea para ayudar a estudiantes en dificultades a preparar sus exámenes finales. La tasa de aprobados aumentó desde un 20 hasta un 91 por ciento. Pero estos sistemas apenas rascan la superficie. En su novela *La era del diamante: manual ilustrado para jovencitas*, Niel Stephenson⁴⁵ ofrece a los lectores una visión de lo que los expertos en inteligencia artificial llaman «un compañero de por vida para aprender»: un agente que rastrea el progreso a lo largo de la vida de alguien, garantizando una educación calidad y, al mismo tiempo, realizando recomendaciones exquisitamente personalizadas sobre lo que el estudiante debería aprender.

«La movilidad y ubicuidad de los futuros tutores de inteligencia artificial permitirán que haya un profesor por cada estudiante adulto o niño, en cualquier lugar y en cualquier momento», explica el codirector de inteligencia artificial y robótica de la Singularity University, Neil Jacobstein. «El aprendizaje tendrá lugar en tiempo real, y formará parte de la estructura de la vida cotidiana y estará disponible en cualquier momento que se necesite. Los niños seguirán reuniéndose entre sí y con profesores de carne y hueso para colaborar en equipos y aprender habilidades sociales, pero, fundamentalmente, el paradigma de la educación cambiará drásticamente».

Los beneficios de este cambio son profundos. Recientes investigaciones sobre la relación entre salud y educación⁴⁶ descubrieron que

los individuos mejor educados viven más tiempo y están más sanos. Tienen menos ataques al corazón y menos posibilidades de volverse obesos y desarrollar diabetes. También sabemos que existe una correlación directa entre una población bien educada y una sociedad estable y libre:⁴⁷ cuanto mejor educada está la población, más duradera es la democracia. Pero todos estos avances palidecen ante lo que será posible si comenzamos a educar a las mujeres del mañana como educamos a los hombres.

Ahora mismo, de los 130 millones de niños y niñas que no acuden al colegio, dos tercios son niñas.⁴⁸ Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), proporcionar a estas niñas una educación es «la clave para su salud y nutrición, para mejorar los niveles de vida globales, y las prácticas agrícolas y medioambientales, para aumentar el producto interior bruto y para una mayor implicación y equilibrio de géneros en la toma de decisiones en todos los niveles de la sociedad». En resumen, educar a las niñas es la mejor estrategia para la reducción de la pobreza.

Si educar a las niñas puede tener un impacto tan grande, imagina lo que supondría educar a todo el mundo. Con la convergencia de los ordenadores infinitos, la inteligencia artificial, la cobertura de banda ancha universal y las tabletas de bajo coste, podemos proporcionar una educación casi gratuita y personalizada a todo el mundo, en todas partes y en cualquier momento. Esta sería una fuerza increíble a favor de la abundancia. Imagina miles de millones de mentes intelectualmente vigorizadas, disfrutando con sus continuos descubrimientos, y que utilicen sus recién adquiridos conocimientos y habilidades para mejorar sus vidas.

Esperanza de vida

Es difícil medir cuánto ha mejorado nuestra salud a lo largo de la historia, aunque la esperanza de vida es un indicador bastante bueno. Las presiones evolutivas hicieron que el *Homo sapiens* tuviera una esperanza de vida media¹ de unos treinta años. La lógica se entiende fácilmente. «La selección natural favorece los genes de aquellos con mayor número de descendientes»,² explica Marvin Minsky, del MIT. «Estas cifras tienden a crecer exponencialmente con el número de generaciones, y así la selección natural prefiere los genes de aquellos que se reproducen antes. La evolución no suele preservar los genes que alargan la vida más allá de la cantidad que necesitan los adultos para cuidar de sus hijos». Así, durante la mayor parte de la evolución humana, los hombres y las mujeres entraban en la pubertad después de cumplir diez años y tenían hijos poco después. Los padres cuidaban de los hijos hasta que *estos* llegaban a la edad de procrear, momento en el que los padres –que ahora eran abuelos de treinta años– se convertían en un lujo caro. En las sociedades de homínidos primitivos, donde la vida era difícil y había pocos alimentos, un par de bocas extras de abuelos que alimentar representaba menos comida para los niños. Así que la evolución incorporó un mecanismo de seguridad: una esperanza de vida de tres décadas.

Sin embargo, conforme nuestras condiciones de vida fueron mejorando,³ esta cifra también mejoró. En el neolítico la vida era desagradable, brutal y solo duraba veinte años. Después pasó a durar unos

veintiséis años en las edades del bronce y del hierro, y hasta veintiocho en las antiguas Grecia y Roma, convirtiendo los setenta años a los que murió Sócrates (en 399 a.C.) en una anomalía.⁴ En la Alta Edad Media se elevó hasta los cuarenta, pero nuestros antecesores seguían estando limitados por unas tasas de mortalidad infantil terriblemente altas. A principios del siglo xvii en Inglaterra⁵ dos tercios de todos los niños morían antes de cumplir cuatro años, y la esperanza de vida resultante era de solo treinta y cinco años.

Fue la revolución industrial la que inició nuestra tendencia a la longevidad.⁶ Un mejor suministro de alimentos, unido a simples medidas de salud pública, como crear alcantarillados, recoger las basuras, proporcionar agua potable y drenar las marismas infestadas de mosquitos, supuso una gran diferencia. A principios del siglo xx⁷ habíamos añadido quince años a nuestra media histórica, con cifras que alcanzaban los cuarenta y pocos. Con la llegada de la medicina moderna y de los hospitales, la edad media se disparó hasta los setenta y tantos. Mientras que los centenarios y supercentenarios⁸ se están volviendo habituales en el mundo desarrollado (el récord comprobado⁹ está en ciento veintidós años), una combinación de asesinos, como las infecciones respiratorias, el sida, las infecciones diarreicas, la malaria y la tuberculosis, unidos a la guerra y la pobreza, han causado estragos en el África subsahariana, donde una parte destacada de la población sigue sin superar en mucho los cuarenta.

Crear un mundo de abundancia de asistencia sanitaria significa tratar los problemas de los dos extremos de este espectro y de mucho de lo que queda en el medio. Tendremos que suministrar agua potable, amplia nutrición y aire sin contaminar. También tendremos que acabar con enfermedades que ya son curables, como la malaria, y aprender a detectar y prevenir esas terribles pandemias que parecen amenazar nuestra supervivencia con creciente frecuencia. En el mundo desarrollado, tendremos que encontrar nuevas maneras de mejorar la calidad de vida para una población que cada vez vive más. En definitiva, crear un mundo de abundancia de asistencia sanitaria parecería una hazaña imposible a no ser porque casi todos los componentes de la medicina actualmente son tecnologías de la información y, por tanto, están en una trayectoria exponencial, y esto, amigos, es una historia completamente distinta.

Los límites del ser humano

«¡Código azul, Baker cinco!» era el mensaje urgente en los altavoces que me sacaba de mi breve sueño. Eran las cuatro de la madrugada y estaba dormitando en una camilla en el vestíbulo del Hospital General de Massachusetts. Como estudiante de medicina de tercer año, dormir era un bien escaso, y había aprendido a hacerlo cuando y donde era posible. Pero un código azul significaba un ataque cardíaco; Baker cinco quería decir el quinto piso del edificio Baker. Estaba justamente arriba, en Baker seis, ya completamente despierto, bombeando adrenalina y corriendo escaleras abajo. Fui la segunda persona en llegar a la habitación de un hombre de sesenta años al que habían operado de un bypass coronario triple menos de veinticuatro horas antes. El residente que le estaba haciendo una reanimación cardiopulmonar (RCP) me gritó una orden y me encontré haciéndome cargo de las compresiones en el pecho. El sonido que más recuerdo es el chasquido de su apertura quirúrgica del esternón bajo la fuerza de mis compresiones repetidas. Fue entonces cuando me di cuenta de que no importaba lo que había aprendido en clase; nada de ello me había preparado para la realidad de esta situación y la debilidad del cuerpo humano.

Ese aprendizaje había empezado en clase dos años antes, en la Facultad de Medicina de Harvard. El primer año se enseñaban cosas generales: los fundamentos de la anatomía y la fisiología; y cómo se supone que funciona todo ello. El segundo año se dedicaba íntegro a la patofisiología: dónde y cómo se estropea todo, y con diez billones de células en el cuerpo¹⁰ hay muchas oportunidades para causar estragos. Se trataba de una cantidad de información mareante. Recuerdo un momento concreto en que, mientras estudiaba para mis exámenes al final de ese segundo año, sentí que había llenado mi cerebro con éxito con todos los conceptos, sistemas y terminología. Pero esa sensación era fugaz, especialmente cuando te hallabas en las salas del hospital, donde la realidad chocaba con la carne y la sangre, como ocurrió esa madrugada en Baker cinco. En esa situación me di cuenta rápidamente de cuánto tenía que aprender y, aún más, de cuánto realmente no *sabíamos*.

Este es nuestro primer problema. Aprender lleva tiempo y requiere práctica. Nuestras mentes procesan la información a un ritmo li-

mitado, pero la medicina crece exponencialmente, y no hay manera de mantener este ritmo. Nuestro segundo problema es un dicho que se suele escuchar en la facultad de medicina: cinco años después de licenciarte, empiezas a pensar que la mitad de lo que has aprendido probablemente esté equivocado –pero nadie sabe qué mitad. Con independencia de cuántos avances médicos se hayan hecho a lo largo de los últimos siglos, nuestro tercer problema es que realmente nunca estamos satisfechos con la asistencia sanitaria que recibimos. Continuamente tenemos mayores exigencias, pero siendo los seres humanos los objetos de los cuidados, siempre habrá limitaciones sobre cuánta información puede saber cualquier médico, por no hablar de dominarla.

Un informe reciente de la RAND Corporation¹¹ lo ilustra de manera precisa, y descubre que los errores médicos evitables en los hospitales dan como resultado decenas de miles de muertes al año; se producen al menos un millón y medio de errores de medicación evitables; y, de media, los adultos solo reciben el 55 por ciento de los cuidados que serían convenientes, lo que significa que el 45 por ciento del tiempo nuestros doctores se equivocan.

A pesar de estas pésimas cifras, tener médicos imperfectos es mucho mejor que no tener ninguno. Actualmente 57 países no tienen suficientes trabajadores del sector sanitario,¹² un déficit de 2,4 millones de médicos y enfermeras. África tiene 2,3 trabajadores del sector por cada 1.000 personas,¹³ mientras que América cuenta con 24, 8 por 1.000.¹⁴ Dicho de otro modo, en África un 1,3 por ciento de los trabajadores sanitarios del mundo deben hacerse cargo del 25 por ciento de toda la carga de enfermedades mundiales.

Pero las cosas tampoco son de color rosa en el mundo desarrollado. La Asociación de Colegios Médicos de Estados Unidos¹⁵ advirtió recientemente de que si las ratios de formación y licenciados no cambian, Estados Unidos podría tener un déficit de 150.000 médicos en 2025. Si ese país no puede producir suficiente personal para cubrir sus propias necesidades médicas, ¿dónde podríamos encontrar el aumento por diez en necesidades de trabajadores del sector sanitario necesarios para cuidar a los mil millones emergentes?

Watson va a la Facultad de Medicina

«Watson de IBM vence a los humanos. *Jeopardy!*»,¹⁶ se leía en la revista *PCWorld* el 16 de febrero de 2011. Casi catorce años después de que Deep Blue hubiera derrotado al campeón del mundo de ajedrez,¹⁷ Gari Kasparov, la progenie de silicio de IBM desafió a la humanidad con otra batalla. Esta vez el combate tuvo lugar en el programa de preguntas y respuestas *Jeopardy!* Había en juego un premio en metálico de 1,5 millones de dólares. Enfréntate a Watson, un superordenador bautizado así en honor del primer presidente de IBM, Thomas Watson padre. Durante tres días, Watson superó a Brad Rutter, elegido por haber obtenido los mayores ingresos de la historia del programa, y a Ken Jennings, el poseedor del récord de la racha ganadora más larga, lo que quiere decir que entran dos hombres y aparece una máquina.

Fue una derrota inevitable. Durante la competición, Watson tenía acceso a doscientos millones de páginas de contenido,¹⁸ incluyendo todo el texto de la Wikipedia. En aras a la equidad, la máquina no podía acceder a Internet y solo podía usar lo que tenía almacenado en su cerebro de dieciséis terabits. Dicho esto, el cerebro de Watson es un procesador paralelo masivo compuesto de un cluster de noventa servidores IBM Power 750. El producto final podía manejar quinientos gigabits de datos por segundo o el equivalente a 3.600 millones de libros por hora.

Esto solo es el hardware. El mayor avance lo supone el software DeepQA, que permite a Watson «comprender» el lenguaje natural –por ejemplo, el tipo de preguntas y respuestas que aparecen en *Jeopardy!* Para que esto fuera posible, Watson no solo tenía que comprender el contexto, la jerga, las metáforas y los juegos de palabras, sino también reunir pruebas, analizar datos y generar hipótesis.

Por supuesto que no todas las cosas buenas vienen en envases pequeños. Ahora mismo se necesita una habitación de tamaño medio para meter a Watson. Pero esto va a cambiar pronto. Si la ley de Moore y el pensamiento exponencial nos han enseñado algo, es que lo que llena una habitación hoy, pronto no necesitará más que un bolsillo. Además, todo este poder computacional pronto será ubicuo –almacenado en una de las muchas nubes que se están desarrollando– a un coste bajo o gratis.

¿Qué podemos hacer con un ordenador como este? Bueno, una empresa llamada Nuance Communications (que solía llamarse Kurzweil Computer Products, la primera empresa de Kurzweil) se ha asociado con IBM, la Facultad de Medicina de la Universidad de Maryland y la Universidad de Columbia para mandar a la Facultad de Medicina a Watson.¹⁹

«Watson tiene el potencial de ayudar a los médicos a reducir el tiempo que se necesita para evaluar y determinar el diagnóstico correcto de un paciente», dice el doctor Herbert Chase,²⁰ profesor de medicina clínica en Columbia. También puede desarrollar opciones de tratamiento personalizado para cada paciente, una capacidad que el doctor Eliot Siegel,²¹ profesor y vicedirector del Departamento de Diagnóstico Radiológico de Maryland, explica de este modo: «Imagínate un superordenador que no solo puede almacenar y ordenar datos de los pacientes, sino también interpretar historiales en cuestión de segundos, analizar información adicional, investigar en revistas médicas y suministrar posibles diagnósticos y tratamientos, calculando de manera precisa la probabilidad de cada resultado».

Pero suministrar diagnósticos correctos depende de tener datos precisos, que a veces no proceden de una conversación con el paciente. Incluso los más brillantes médicos para diagnosticar necesitan rayos X, escáneres de tomografía computarizada y análisis de sangre para tomar la decisión correcta. Pero la mayoría de los equipos actuales de alta tecnología de los hospitales son grandes, caros y consumen mucha energía –no se adaptan al consumo consciente de los costes, no digamos en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, plantea la famosa pregunta del «hazlo tú mismo»: ¿qué haría MacGyver?

Bien, MacGyver vaciaría sus bolsillos y haría el trabajo con un rollo de cinta adhesiva, un trozo de servilleta de papel y una bola de saliva, que resultará ser exactamente la solución que necesitamos.

Diagnósticos de coste cero

¿Cinta adhesiva? ¿En serio? Cuando Carlos Camara²² empezó sus estudios de doctorado en la Universidad de California, en Los Ángeles, para estudiar física de altas energías, lo último que se podía imaginar era que pronto se encontraría en una habitación oscura

experimentando con cinta adhesiva, o que esa cinta podía reducir de manera drástica los costes de la asistencia sanitaria en el mundo. Todo lo que sabía al principio era que algunos materiales, cuando se aplastan entre sí, crean luz «que es la razón por la que, cuando masticas un caramelo Live Savers, se produce un pequeño destello. Se llama triboluminiscencia». Camara estaba experimentando con la triboluminiscencia en un vacío moderado y descubrió que algunos materiales no solo liberan luz visible, sino también rayos X. De modo que el problema se convirtió en ¿qué materiales? Comenzó a probar con una amplia gama, y entonces ocurrió. Camara desenrolló cinta adhesiva en la oscuridad. «Me impactó», dice. «No solo era uno de los materiales más brillantes que había probado, sino que también generaba rayos X».

Eran excelentes noticias. Fue portada de la revista *Nature*²³, y luego apareció en un episodio de *Bones*²⁴. Poco después de su estreno televisivo, Camara se asoció con el empresario de empresas de nueva creación Dale Fox, para fundar Tribogenics,²⁵ una compañía que pretendía fabricar las máquinas de rayos X más pequeñas y baratas del mundo. En lugar de un aparato del tamaño de un lavaplatos de 250.000 dólares basado en tecnología del siglo XVIII –básicamente tubos de vacío conectados con una fuente de energía–, el elemento fundamental de la versión de Tribogenics (lo que Camara llama un «pixel de rayos X») cuesta menos de un dólar, tiene el tamaño de medio *pen drive*, y utiliza la triboluminiscencia para crear rayos X. Grupos de estos píxeles pueden adoptar cualquier tamaño o forma. Una matriz de 35 por 43 centímetros recibe una radiografía de tórax; una curva larga te da un escáner de tomografía computarizada (TC). Como estos píxeles necesitan muy poca energía –menos de una centésima parte de la que requiere una máquina tradicional de rayos X–, un panel solar o un aparato con manivela puede alimentarlo. «Imagínate todo un equipo radiológico en un portafolios», continúa Fox. «Algo alimentado por pilas o energía solar, fácilmente transportable y capaz de diagnosticar cualquier cosa, desde un brazo roto hasta una obstrucción abdominal. Permitirá toda una panoplia de cuidados a la medicina de campo y al mundo en vías de desarrollo».

Fox ve otras posibilidades en las mamografías. «Actualmente, las mamografías requieren una máquina cara, grande y fija, que saca una fotografía burda y en dos dimensiones. Pero imagínate un “su-

jetador” que tiene diminutos píxeles emisores de rayos X en la parte superior y sensores de rayos X en la parte inferior. Es autónomo, automático, tiene conexión 3G o Wi-Fi y se puede enviar a una paciente por mensajero. La paciente se pone el sujetador, aprieta un botón y el médico aparece *online* y comienza a hablar: “Hola. ¿Lista para hacer la mamografía? No te muevas”. Los píxeles de rayos X se disparan, los detectores juntan y transmiten la imagen y el médico la ve sobre la marcha. El paciente vuelve a enviar el paquete y ya está. Con poco tiempo y poco dinero.» El sujetador de rayos X con píxeles es el primer paso hacia lo que el profesor de química de Harvard convertido en empresario, George Whitesides,²⁶ llama «diagnósticos de coste cero». Exactamente como suena, Whitesides quiere reducir el coste del diagnóstico de enfermedades lo más posible, lo cual, en el territorio MacGyver, es realmente bajo. En busca de ese objetivo, Whitesides recientemente centró su atención en las enfermedades que asuelan a los mil millones emergentes. La única manera de desarrollar las vacunas necesarias para luchar contra el VIH, la malaria y la tuberculosis es descubrir un método para diagnosticar y monitorizar de forma precisa y barata a grandes cantidades de pacientes. No se puede hacer esto sin la tecnología actual.

Así que Whiteside aprendió del modelo de desarrollo de la parte baja de la pirámide (BoP) de C. K. Prahalad. En lugar de empezar con una máquina de 100.000 dólares y tratar de reducir su coste exponencialmente, comenzó con los materiales disponibles más baratos: un trozo de papel de un centímetro de lado aproximadamente, utilizado para drenajes. Coloca una puntada de sangre o una gota de orina en un extremo del papel de Whiteside²⁷ y el líquido se absorbe, moviéndose por sus fibras. Un polímero hidrofóbico impreso en este papel guía el flujo, a través de canales prescritos, hacia un conjunto de pozos de prueba donde la muestra interactúa con unos catalizadores específicos, haciendo que el papel adquiriera diferentes colores. Una cámara analiza la orina en busca de glucosa, y se vuelve marrón en presencia del azúcar. Otra se vuelve azul en presencia de proteínas. Como el papel no es muy caro, el objetivo de Whiteside de realizar diagnósticos a coste cero no queda muy lejos. «El mayor coste es la impresora de cera», dice. «Esas impresoras cuestan alrededor de ochocientos dólares la pieza. Si las haces funcionar veinticuatro horas al día, cada una de ellas puede hacer unos diez millones de

análisis al año, por lo que se trata de un problema resuelto».

La última parada de nuestra tríada MacGyver –la muestra de saliva– es incluso más prometedora. Esta es la aportación del mencionado «Laboratorio en un chip» desarrollado por la doctora Anita Goel en su empresa Nanobiosym.²⁸ Coloca un poco de saliva (o sangre) en las plataformas de nanotecnología de Goel, y la secuencia de ADN y ARN de cualquier patógeno en tu sistema será detectada, identificada y se informará de ella a un superordenador –alias el Dr. Watson. Estos chips son un paso fundamental hacia los diagnósticos de coste cero, y un componente básico para ayudar a resolver un trío de desafíos principales de la asistencia sanitaria: detener las pandemias, reducir la amenaza del bioterrorismo y tratar enfermedades muy extendidas, como el sida. Ya ahora, mChip, una tecnología de la Universidad de Columbia,²⁹ está desmonetizando y desmaterializando los análisis de VIH. Lo que antes necesitaba de largas visitas al médico, un tubo de sangre y días o semanas de espera angustiosa, ahora no requiere ninguna visita, bastan una sola gota de sangre y quince minutos para interpretarla, todo ello por menos de un dólar, utilizando un chip óptico microfluídico más pequeño que una tarjeta de crédito.

Dado que el Dr. Watson pronto será accesible a través de un aparato móvil, y que este tiene un GPS, el ordenador puede diagnosticar tu infección, y detectar una alta incidencia poco habitual de, por ejemplo, síntomas de gripe en Nairobi –alertando de este modo a la OMS de una posible pandemia. Aún mejor, dado que el coste marginal del diagnóstico de Watson es simplemente el gasto en poder de computación (que realmente solo es el coste de la electricidad), su precio se reduce a centavos. Para ayudar a acelerar este proceso, el 10 de mayo de 2011, la empresa Qualcomm se asoció con la Fundación PREMIO X y anunciaron planes para desarrollar el PREMIO X Qualcomm Tricorder³⁰ –bautizado en honor de la tecnología de escáner médico de *Star Trek*. Ofrecieron diez millones de dólares al primer equipo que fuera capaz de diseñar un aparato de bajo coste, fácil de usar, móvil y capaz de diagnosticar a un paciente mejor que un grupo de médicos.

Pero incluso este pensamiento tan MacGyver se sigue quedando corto respecto a nuestros objetivos finales de asistencia sanitaria, ya que saber qué mal aqueja a un paciente solo resuelve la mitad del problema. Seguimos necesitando ser capaces de tratarle y curarle.

Ya hemos abordado muchas de las enfermedades «prevenibles» que pueden ser obviadas mediante agua potable, energía limpia, nutrición elemental e instalaciones higiénicas dentro de casa, pero también hay que considerar otra categoría: las enfermedades curables y/o tratables fácilmente. Muchas se pueden abordar con medicamentos sencillos, pero otras necesitan intervenciones quirúrgicas. Del mismo modo que la tecnología ha revolucionado el diagnóstico, ¿qué pasaría si fuera posible hacer lo mismo con la cirugía?

Mandar un mensaje al busca del doctor Da Vinci para que acuda al quirófano

Según la Organización Mundial de la Salud, las cataratas provocadas por la edad³¹ son la mayor causa de ceguera en el mundo, ya que suponen dieciocho millones de casos, principalmente en África, Asia y China. Las cataratas nublan el cristalino del ojo, que normalmente es transparente. Aunque se pueden eliminar fácilmente y curar completamente esta forma de ceguera, los servicios quirúrgicos en muchos países en vías de desarrollo son inadecuados, inaccesibles y demasiado caros para gran parte de las poblaciones afectadas.

La mejor oportunidad que tienen muchos es la organización humanitaria sin ánimo de lucro llamada ORBIS International,³² que enseña cómo operarlas en países en vías de desarrollo y que gestiona un Hospital Ocular Volante. Los DC-10 reformados de ORBIS aterrizan con doctores, enfermeras y técnicos en una determinada región. Una vez en el lugar, proporcionan tratamiento a un número limitado de casos y enseñan a médicos locales. Pero, de este modo, solo se puede enseñar a un número determinado de médicos. La experta en medicina y robótica Catherine Mohr prevé un futuro sin estas limitaciones. «Imagina», dice, «robots especializados y capaces de realizar estas intervenciones simples y repetitivas con precisión total y a un coste pequeño o incluso gratis».

Las primeras versiones de este tipo de robots cirujanos, llamadas Sistema Quirúrgico Da Vinci,³³ fueron construidas por la empresa de Mohr, Intuitive Surgical. En realidad, Da Vinci procede del deseo de DARPA de contar con cirujanos lejos de los frentes de batalla, pero que puedan tratar a los heridos durante la primera «hora dora-

da» inmediatamente después de resultar heridos. La mejor manera de conseguirlo es con un robot que atienda al soldado herido, y que un médico esté presente a través de una pantalla de televisión, manejando la situación desde un lugar remoto. En los últimos años esta tecnología ha evolucionado rápidamente, pasando del campo de batalla a los quirófanos, inicialmente a instancias de los cirujanos cardiovasculares³⁴ que buscaban modos de operar sin abrir el esternón. A continuación fue adoptada por cirujanos que buscaban realizar prostatectomías y bypass gástricos³⁵ rápidos y repetitivos. Las intervenciones repetitivas, como las realizadas por el robot quirúrgico MAKO,³⁶ son suficientemente especializadas como para ayudar a los ortopedas con procedimientos delicados como la sustitución de rodillas.

La tecnología actual no sustituye completamente a los cirujanos; en su lugar, realza sus habilidades y les permite operar a distancia. «Al digitalizar completamente una imagen del lugar dañado que está siendo reparado», explica Mohr, «colocas una capa digital entre el tejido y los ojos del cirujano, que de ese modo puede ser ampliada y proporcionar más información. También, al digitalizar los movimientos de la mano y situar una capa digital entre el cirujano y los instrumentos robóticos, puedes eliminar los temblores, hacer movimientos más precisos e incluso transmitir las incisiones quirúrgicas a larga distancia, permitiendo a un experto en Los Ángeles realizar una operación en Argel sin tener que pasar veinte horas volando».

Mohr predice que durante los próximos cinco a diez años se producirá una proliferación de robots más pequeños y con objetivos especiales, que irán mucho más allá de las operaciones de cataratas. Uno podría dedicarse a las operaciones de glaucoma, otro al bypass gástrico y un tercero a realizar arreglos dentales. Mohr piensa que el horizonte a quinceveinte años es aún más fascinante. «En el futuro seremos capaces de detectar cánceres analizando la sangre, la orina o el aliento a distancia y, una vez detectados, eliminarlos robóticamente. El robot encontrará la pequeña lesión cancerígena, insertará una aguja y la eliminará, exactamente del mismo modo que haces hoy en día con una verruga cancerosa.»

Robot enfermero

El cáncer solo es uno de los problemas a los que nuestra envejecida población tendrá que hacer frente. De hecho, los costes de la asistencia sanitaria y de la calidad de vida que suponen el cuidado de los ancianos es un gasto multibillonario al que es mejor que nos vayamos acostumbrando. Los miembros más viejos del *baby boom* cumplieron sesenta y cinco años en 2011. Cuando esta tendencia alcance su cenit en 2030,³⁷ solo en Estados Unidos el número de personas de más de sesenta y cinco se habrá disparado hasta los 71,5 millones. En los países desarrollados la población centenaria se está duplicando cada década,³⁸ y elevará el total de 455.000 de 2009 hasta 4,1 millones en 2050. Y la tasa media anual de crecimiento de los mayores de ochenta³⁹ es el doble del crecimiento de los mayores de sesenta. En 2050 tendremos 311 millones de octogenarios en el mundo.⁴⁰ A medida que los ancianos pierden la capacidad de cuidarse, muchos, según el Centro Nacional de Estadísticas Sanitarias,⁴¹ son enviados a residencias de ancianos con un coste anual per cápita de entre 40.000 y 85.000 dólares. Conclusión: con cientos de millones de personas que pronto tomarán ese camino, ¿cómo podremos llegar a permitirnoslo?

Para el doctor Dan Barry⁴² la respuesta es sencilla: dejemos que los robots hagan el trabajo. Barry aporta una formación ecléctica a este problema, incluyendo una licenciatura en medicina, un doctorado, tres vuelos en el transbordador espacial, una empresa de robótica y un papel estelar como concursante en el *reality* de televisión *Survivor*. Barry también es codirector de seguimiento de inteligencia artificial y robótica en la SU, donde pasa un tiempo considerable pensando en cómo se pueden aplicar los robots al futuro de la asistencia sanitaria.⁴³ «La mayor contribución que harán los robots a la asistencia sanitaria será cuidar de la población envejecida: gente que ha perdido a sus parejas o la capacidad de cuidarse por sí mismos», dice. «Estos robots ampliarán el periodo de tiempo en que pueden vivir de manera independiente al proporcionarles apoyo emocional, interacción social y asistirles en las tareas funcionales básicas, como abrir la puerta, ayudarles a levantarse si se caen o auxiliarles en el baño. Estarán dispuestos a escuchar la misma historia veinticinco veces y responder adecuadamente en cada ocasión. Para algunos con disfunciones o

necesidades sexuales,⁴⁴ estos robots también desempeñarán un papel enorme».

¿Cuándo estarán disponibles y cuánto costarán? «Dentro de cinco años», continúa Barry, «llegarán al mercado robots que pueden reconocerte de manera individual, reaccionar a tus movimientos o expresiones faciales con respuestas emocionales reconocibles, y desarrollar tareas útiles en el hogar, como limpiar mientras duermes. Si avanzamos rápidamente, en quince o veinte años suministraremos compañeros robóticos que tendrán conversaciones reales y sutiles, siendo capaces de servirte como amigo, enfermero e incluso quizá como psicólogo».

El coste previsto quizá sea tan asombroso como sus capacidades. «Espero que los primeros robots cuesten del orden de mil dólares»,⁴⁵ dice Barry. Continúa explicando que el coste de los telémetros láser de tres dimensiones ha caído desde 5.000 dólares hasta en torno a 150 dólares por las nuevas tecnologías y la escala de producción en masa para la Xbox Kinect de Microsoft.⁴⁶ «Un telémetro láser de 5.000 dólares era el instrumento típico que utilizaba un robot para navegar», dice. «Es alucinante lo potentes y baratos que se han vuelto. El resultado es un tsunami de nuevos códigos y aplicaciones y una explosión en el número de personas que desarrollan robots “hazlo tú mismo”. En cuanto el precio bajó lo suficiente, un ejército de aficionados comenzó a jugar, experimentar y aportar nuevas aplicaciones asombrosas».

Del mismo modo que los telémetros láser, todos los demás componentes del robot-enfermero se encuentran en similares curvas de reducción del precio.⁴⁷ Muy pronto los sensores necesarios y la capacidad de computación serán casi gratuitos. Lo único que habrá que comprar será el cuerpo mecánico, que es por lo que Barry cree que 1.000 dólares será el precio estimado de estos robots. Así que esta es tu comparación: si aceptamos que la mayoría de los octogenarios de nuestro futuro necesitarán algún tipo de cuidados asistenciales en vivo, podemos gastar (a los costes actuales) billones de dólares en residencias de ancianos o bien, como sugiere Barry, dejar que los robots hagan el trabajo.

La poderosa célula madre

A principios de los noventa, el consumado neurocirujano Robert Hariri⁴⁸ se sentía crecientemente frustrado, especialmente con las limitaciones del bisturí. «Podíamos hacer algunos arreglos limitados y mantener a la gente viva después de un accidente», dice, «pero la cirugía no les podía devolver la normalidad». Así que Hariri⁴⁹ empezó a buscar maneras de restaurar los procesos de desarrollos naturales que permiten al cerebro regenerarse y renovar sus conexiones neuronales. A finales de la década de los noventa, se dio cuenta de que podía inyectar células madre⁵⁰ en pacientes para tratar y potencialmente curar enfermedades del mismo modo en que ahora uno se puede inyectar medicamentos. Hariri pensaba que para aprovechar el verdadero potencial de la medicina celular tenía que garantizarse una fuente continua de células madre para procedimientos futuros, de modo que creó su primera empresa para almacenar tanto células madre sacadas de la placenta como sangre de los cordones umbilicales de los recién nacidos. Cuatro años después, LifeBank/Anthrogenesis se fusionó con el gigante farmacéutico de 30.000 millones de dólares Celgene Corporation, que vislumbró el potencial tecnológico de reinventar la medicina.

Pero no es solo Celgene la que quiere participar en esto. «Todos empezamos como un simple huevo fertilizado que se desarrolla hasta convertirse en un organismo complejo de diez billones de células, hechas de más de doscientos tipos de tejido, cada uno de ellos trabajando veinticuatro horas al día y siete días a la semana en funciones especializadas», dice el doctor Daniel Kraft,⁵¹ especialista en trasplantes de médula ósea (una forma de terapia de células madre) y jefe de seguimiento médico de la SU. «Las células madre realizan ese proceso increíble de diferenciación, crecimiento y reparación. Tienen una capacidad para revolucionar muchos aspectos de la sanidad casi como ninguna otra cosa en proyecto».

El doctor Hariri está de acuerdo:

El potencial de esta tecnología es inmenso. En los próximos cinco a diez años vamos a ser capaces de utilizar células madre para corregir enfermedades crónicas autoinmunes, como la artritis reumatoide, la esclerosis múltiple, la colitis ulcerosa, la enfermedad de Crohn y la esclerodermia. Después de eso, pienso que las

enfermedades neurodegenerativas serán la siguiente gran frontera; esto ocurrirá cuando invirtamos los efectos del Parkinson, el Alzheimer e incluso la apoplejía, y también será asequible. La tecnología de fabricación de células ha visto enormes mejoras durante la pasada década. Para que te hagas una idea, hemos pasado de pensar que la terapia celular constaría más de 100.000 dólares a creer que podemos hacerla por unos 10.000. Pienso que durante la próxima década podremos reducir los costes de manera aún más significativa. De modo que estamos hablando del potencial para «curar» enfermedades crónicas y revitalizar órganos fundamentales por menos del precio de un portátil nuevo.

Si tu hígado o tu riñón fallan antes de que tengas la oportunidad de revitalizarlo, no tengas miedo, hay otra solución. Una de las patentes de Hariri, «La renovación y repoblación de órganos cadavéricos y matrices de tejido por células madre», es la base para cultivar órganos nuevos y trasplantables en el laboratorio, lo cual es un enfoque que ha demostrado con éxito el pionero de la ingeniería de tejidos Anthony Atala,⁵² del Centro Médico Universitario Wake Forest.

«Hay una enorme necesidad de órganos a escala mundial», dice Atala. «En la pasada década el número de pacientes en las listas de espera de trasplante de órganos se ha duplicado, mientras que el número real de trasplantes ha permanecido estable. Hasta ahora hemos sido capaces de fabricar orejas, dedos, uretras, válvulas cardíacas y vesículas humanas en el laboratorio».

El siguiente gran desafío de Atala es fabricar uno de los órganos más intrincados del cuerpo humano: el riñón. En torno a un 80 por ciento de los pacientes en lista de espera quieren un riñón.⁵³ En 2008 hubo más de 1.600 trasplantes de riñón solo en Estados Unidos.⁵⁴ Para lograr esta hazaña, él y su equipo han superado el uso de órganos cadavéricos y matrices de tejido y están «imprimiendo en 3D» literalmente primeras versiones del órgano. «Comenzamos utilizando una impresora de inyección de tinta de sobremesa normal, que adaptamos para imprimir capas de células una a una», explica. «Hemos sido capaces de imprimir un miniriñón real en pocas horas». Aunque el órgano completo puede necesitar otra década de trabajo, Atala es cautamente optimista, ya que partes de su tejido de riñón impreso ya están secretando sustancias parecidas a la orina.

«Ya sea regeneración de órganos o reparación de tejidos afectados por el envejecimiento, los traumatismos o la enfermedad», dice el doctor Kraft, «este campo que se mueve a gran velocidad tendrá un impacto en casi cualquier otro campo clínico. La reciente invención de células madre pluripotentes inducidas,⁵⁵ que pueden ser generadas al reprogramar las propias células de la piel del paciente, nos ofrece un acceso no controvertido a esta poderosa tecnología al que nadie se opone. Con la llegada de la convergencia de células madre, ingeniería de tejidos e impresión en 3D, pronto tendremos un potente arsenal para lograr la abundancia en la asistencia sanitaria».

Predictiva, personalizada, preventiva y participativa

Aunque muchos creen que las células madre pronto nos proporcionarán la capacidad de reparar y sustituir órganos fallidos, si la medicina P4⁵⁶ hace su trabajo, la situación nunca llegará a ser tan desesperada. P4 significa «predictiva, personalizada, preventiva y participativa», y es hacia donde va la asistencia sanitaria. Combina la secuenciación del genoma barata, ultrarrápida y de grado médico con una capacidad de procesamiento masiva, y estaremos en camino hacia las dos primeras categorías: medicina predictiva y personalizada.

Durante la pasada década los costes de secuenciación han caído, desde los históricos cien millones de dólares del genoma de 2001 de Craig Venter,⁵⁷ hasta una anunciada versión de mil dólares de igual precisión. Empresas como Illumina, Life Technologies y Halcyon Molecular están compitiendo por el mercado billonario de la secuenciación.⁵⁸ Pronto cada recién nacido verá secuenciado su genoma. Los perfiles genéticos serán parte del cuidado habitual del paciente.⁵⁹ Los enfermos de cáncer verán cómo se analiza el ADN de sus tumores y los resultados se mandan a unas bases de datos masivas con el fin de buscar correlaciones. Si se hace de manera adecuada, todos estos esfuerzos producirán un miríada de predicciones útiles y cambiarán la medicina desde algo pasivo y genérico hasta otra cosa que será predictiva y personalizada. En resumen, todos nosotros sabremos qué enfermedades tienen almacenadas nuestros genes, qué hacer para prevenir su aparición, y, en caso de enfermar, qué medicinas son más eficaces dada nuestra herencia única.

Pero la rápida secuenciación del ADN solo es el principio del actual renacimiento de la biotecnología. También estamos desenmarañando las bases moleculares de las enfermedades y tomando el control de la expresión genética de nuestro cuerpo, lo que en conjunto puede crear una era de medicina personalizada y preventiva. Un ejemplo es el potencial para curar lo que la OMS ya reconoce como una epidemia global: la obesidad.⁶⁰ El culpable genético en este caso es el gen receptor de la insulina⁶¹ que ordena a nuestro cuerpo que conserve cada caloría que consume. Este era un gen útil en la época anterior a la invención de los grandes supermercados y de McDonald's, cuando los primeros homínidos nunca podían estar seguros de su siguiente cosecha o incluso de su siguiente comida. Pero en nuestro mundo de comida rápida este mandato genético se ha convertido en una sentencia de muerte.

Sin embargo, una tecnología llamada ARN interferente (ARNi) suprime genes específicos al bloquear el mensajero de ARN que producen. Cuando los investigadores de Harvard utilizaron ARNi⁶² para bloquear el receptor de insulina grasa en ratones, los animales consumieron muchas calorías, pero se mantuvieron delgados y saludables. Como extra, vivieron al menos un 20 por ciento más, y obtuvieron los mismos beneficios que la restricción calórica, sin el doloroso sacrificio que exige una dieta extrema.

La medicina participativa es la cuarta categoría de nuestro futuro de atención sanitaria. Impulsados por la tecnología, cada uno de nosotros se está convirtiendo en el consejero delegado de su propia salud. El móvil se está transformando en un centro de control en el que los datos en tiempo real de nuestro cuerpo pueden ser captados, mostrados y analizados, otorgándonos a cada uno de nosotros la capacidad de tomar decisiones importantes sobre nuestra salud, día a día, momento a momento. Mientras tanto, las empresas de genómica personal, como 23andMe y Navigenics,⁶³ permiten a los usuarios tener un conocimiento más profundo de su estructura genética y las consecuencias para su salud. Pero es igual de importante el efecto de nuestro entorno y de nuestras decisiones diarias –que es donde entra en juego una nueva generación de tecnología de la detección.

«Los sensores se han desplomado en coste, tamaño y consumo de electricidad»,⁶⁴ explica Thomas Goetz,⁶⁵ editor ejecutivo de *Wired* y autor de *The Decision Tree: Taking Control of Your Health in the New Era*

of Personalized Medicine. «Un sensor de guiado de un misil balístico intercontinental de los años sesenta solía costar 100.000 dólares y pesar muchos kilos. Ahora esa misma capacidad cabe en un chip y cuesta menos de un dólar». Aprovechando las ventajas de estos avances, los miembros de movimientos como Quantified Self están aumentando el propio conocimiento a través del autorrastreo. Actualmente, rastrean todo, desde los ciclos del sueño hasta las calorías quemadas, pasando por señales de electrocardiograma en tiempo real.⁶⁶ Muy pronto, si alguien decide ir por este camino, tendremos la capacidad de medir, registrar y evaluar cada aspecto de nuestras vidas: desde la química de nuestra sangre hasta nuestro régimen de ejercicios, pasando por lo que comemos, bebemos y respiramos. Nunca más la ignorancia será una excusa válida para no cuidarnos.

Una era de abundancia en asistencia sanitaria

Como debería ser evidente, el campo de los cuidados médicos está entrando en un periodo de transformaciones explosivas.⁶⁷ Sin embargo, los factores que empujan este sector al cambio no son solo tecnológicos. Conforme envejecen los miembros del *baby boom*, no hay cantidad de dinero que los más ricos de ellos no se gasten para disponer de un poco más de tiempo con buena calidad de vida junto a sus familias. Así, cada nueva tecnología inevitablemente encuentra la manera de ponerse al servicio de la salud, impulsada por una población más vieja, más rica y más motivada.

Del mismo modo que los magnates de Wall Street que hablaban con móviles del tamaño de un portafolios en los años setenta financiaron el desarrollo de cientos de millones de aparatos Nokia repartidos actualmente por el África subsahariana, también ocurrirá con los miles de millones de dólares de las investigaciones en asistencia sanitaria y los inventos descritos en este capítulo, que pronto beneficiarán a los 9.000 millones de habitantes de la tierra. Dada la naturaleza rígorosa, y de algún modo osificada, de los procesos regulatorios de la asistencia sanitaria en el primer mundo, tenemos todos los motivos para creer que más de unas cuantas de esas tecnologías innovadoras llegarán hasta las regiones menos burocratizadas del mundo en vías de desarrollo antes de ser legalmente autorizadas en Estados Unidos.

Mientras que el mundo en desarrollo se beneficiará seguro de estas curas de alta tecnología, la verdad es que la mayoría de sus necesidades siguen siendo básicas: mosquiteras y medicinas contra la malaria; antibióticos para combatir la bronquitis y la diarrea; educación sobre las realidades del VIH y las necesidades anticonceptivas. En muchos casos existen los remedios, pero no la infraestructura necesaria. Sin embargo, actualmente hay gran cantidad de programas educativos a través de los móviles que pueden ayudar.⁶⁸ El Proyecto Masiluleke en Sudáfrica, por ejemplo, utiliza los mensajes de texto para transmitir un boletín de concienciación con el VIH.⁶⁹ Text4Baby de Johnson & Johnson⁷⁰ ha ayudado a más de veinte millones de mujeres embarazadas y nuevos padres en China, India, México, Bangladesh, Sudáfrica y Nigeria. Aquí es donde los tecnofilántropos, como Bill Gates y su guerra contra la malaria,⁷¹ pueden suponer una gran diferencia. Sin embargo, en última instancia, satisfacer las necesidades médicas de todo el mundo significa suministrar a los mil millones emergentes los recursos básicos (alimentos, agua, energía y educación) y al mismo tiempo impulsar los avances esbozados en este capítulo. Si podemos hacer eso, podremos crear una era de abundancia en la asistencia sanitaria.

Poder para el pueblo

La libertad, el tema de este capítulo, es tanto la cima de nuestra pirámide como el lugar en el que este libro se tiene que poner un poco filosófico. En otros capítulos hemos explorado cómo la combinación de más colaboración y una tecnología exponencial pueden contribuir a mejorar nuestras vidas durante las próximas décadas. Pero los temas de esos capítulos eran bienes y servicios: alimentos, agua, educación, asistencia sanitaria y energía. La libertad entra en otra categoría. Es a la vez una idea y permite un mayor acceso a ideas. Es un estado del ser, un estado de la conciencia y una forma de vida, como si esto fuera poco, es un término «abarca todo» con significados que podrían ir del derecho de reunión de un grupo pequeño alrededor de la mesa de un café al derecho a llevar un arma automática por la calle de una ciudad –lo que quiere decir que la libertad también es un conjunto de cosas más allá del alcance de este libro.

Lo que sí está en nuestro ámbito es la libertad económica, los derechos humanos, la libertad política, la transparencia, el libre flujo de información, la libertad de expresión y la atribución de poder al individuo. Todas ellas son categorías impactadas directamente por las fuerzas del cambio que se tratan en este libro, todas ellas son libertades que han de ser ganadas y mantenidas en el camino hacia la abundancia. Las abordaremos una a una.

No tener suficiente para comer y beber, no tener manera de tratar enfermedades curables, carecer de acceso a ropa, vivienda, asistencia

sanitaria asequible, educación o a unas instalaciones sanitarias adecuadas, todas ellas son, por citar al nobel Amartya Sen,¹ «elementos básicos de una falta de libertad». Como han dejado claro los capítulos anteriores, los factores exponenciales ya están teniendo un efecto en todo esto. Ya sean las ofertas algebraicas de la Academia Kahn o el purificador de agua Slingshot de Dean Kamen, estas herramientas a favor de la prosperidad ejercen una función añadida como soldados de la libertad: liberan tiempo y dinero, mejoran la calidad de vida y crean aún más ocasiones para tener nuevas oportunidades. Esta tendencia continuará. Con cada pequeño paso dado para obtener agua potable o una energía barata o cualquier otro nivel de nuestra pirámide, las libertades básicas son las beneficiarias directas del progreso.

También los derechos humanos han recibido ayuda de los elementos exponenciales. La página web Ushahidi² fue creada para registrar los brotes de violencia en Kenia, pero su éxito ha desembocado en una actividad frenética de «cartografía activista». Este proyecto de colaboración pública, mezcla de activismo social, periodismo ciudadano y cartografía geoespacial ha sido utilizado en países de todo el mundo para defender los derechos humanos. El cartografía-activista protege a las minorías sexuales en Namibia,³ a las minorías étnicas en Kenia y a las víctimas potenciales del abuso militar en Colombia.⁴ Sitios web como World Is Witness documentan historias de genocidios,⁵ mientras que sitios como WikiLeaks denuncian todo tipo de violaciones de derechos humanos.⁶

WikiLeaks también es un ejemplo de cómo las tecnologías de la información y las comunicaciones promueven la libertad política y una mayor transparencia –aunque no es el único. En 2009, una versión de Ushahidi fue modificada para permitir a los ciudadanos mexicanos controlar sus elecciones⁷, mientras que la subvención de 130.000 dólares a la nigeriana Enough Is Enough⁸ por parte de la Red Omidyar para activistas en Nigeria utiliza Twitter, Facebook y las herramientas de las redes sociales locales para proporcionar un portal *online* no partidista como única fuente para ayudar el registro de votantes, proporcionar información de los candidatos y observar las elecciones. Podría decirse que el mayor impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (ICT) ha estado en la intersección de la transparencia y la libertad sociopolítica. Antes de la llegada de Internet, un gay que viviera en Pakistán era un candidato a pasarlo

muy mal. Hoy en día, aunque sigue siendo una experiencia difícil, al menos ese hombre está a un par de clics de ratón del consejo y apoyo de varios millones de personas en una situación similar.

Que el libre flujo de información es el máximo beneficiario del crecimiento de las comunicaciones móviles y de Internet es obvio. Tal como ya se ha mencionado, la mayoría de la humanidad, incluso los que viven en los países más pobres en vías de desarrollo, actualmente tienen acceso a sistemas de telefonía móvil mejores que los que tenía el presidente de Estados Unidos hace veinticinco años, y si están conectados a Internet tienen acceso a más conocimientos que los que tenía el presidente hace quince años. El libre flujo de información se ha vuelto tan importante para todos nosotros que, en 2011, Naciones Unidas declaró el «acceso a Internet» un derecho fundamental.

La acción de expresarse con libertad y el derecho a la libertad de expresión también han encontrado muchos aliados en la era de la información. «Míralo desde esta perspectiva», dice el director ejecutivo de Google, Eric Schmidt.⁹ «Hemos pasado de una estructura de mensajes jerárquicos en la que se omite a la gente, y cuya información normalmente tiene un contenido local, a un modelo en el que todo el mundo es un organizador, un emisor, un bloguero, un comunicador». Claro que hay que abordar cuestiones difíciles como la censura (para empezar, el llamado Gran cortafuegos chino),¹⁰ pero el hecho sigue siendo que nunca antes en la historia el ciudadano corriente ha tenido el poder de hacerse escuchar y, a la vez, el acceso a una audiencia global, y este acceso no se encuentra amenazado. «Internet tiende a transferir el poder desde instituciones centralizadas hasta muchos líderes que representan diferentes comunidades». Ben Scott¹¹, asesor político en temas de innovación de la secretaria de Estado Hillary Clinton, dijo recientemente al *Christian Science Monitor*: «Los gobiernos que quieren censurar están combatiendo contra la propia naturaleza de la tecnología».

Pero de todas las categorías en cuestión, la capacidad de ser independiente ha sido y continúa siendo lo que más se ha visto afectado por la creciente ola de abundancia. Este cambio es tan importante y –para bien o para mal– sus efectos tienen un impacto de tan largo alcance, que dedicaremos los siguientes apartados a examinarlo en detalle.

Un millón de voces

En 2004, mientras llevaba a cabo estudios de posgrado como becario Rhodes en la Universidad de Oxford, Jared Cohen decidió que quería visitar Irán.¹² Dado que la postura de Irán contra Estados Unidos está basada en parte en el apoyo de Israel por parte de ese país, Cohen —estadounidense judío— no pensaba que tuviera muchas posibilidades de conseguir un visado. Sus amigos le dijeron que no se molestara en pedirlo. Los expertos le dijeron que estaba perdiendo el tiempo. Pero después de cuatro meses y dieciséis visitas a la Embajada de Irán en Londres, recibió permiso para viajar a, como contaría Cohen más tarde en su libro *Children of Jihad: A Young American's Travels Among the Youth of the Middle East*,¹³ «un país que el presidente Bush había tildado menos de dos años antes como uno de los tres miembros del “eje del mal”».

El motivo del viaje de Cohen era aumentar sus conocimientos sobre relaciones internacionales. Quería entrevistar a líderes de la oposición, funcionarios del gobierno y otros reformistas, pero después de una serie de conversaciones con el vicepresidente y algunos miembros de la oposición, la Guardia Revolucionaria entró en la habitación de su hotel de madrugada, encontró su lista potencial de entrevistas y frustró sus planes. Sin embargo, en lugar de abandonar Irán y volar de regreso a Inglaterra derrotado, Cohen decidió explorar el país y ver qué tipo de gente conocía por el camino.

Hizo muchos amigos, la mayor parte jóvenes. Dos tercios de los iraníes tienen menos de treinta años.¹⁴ Cohen los calificó de «la auténtica oposición», un enorme movimiento juvenil, no especialmente dogmático, ávido de cultura occidental y asfixiado por el régimen actual. También descubrió que la tecnología estaba permitiendo florecer a ese movimiento —una lección que para él resultó evidente en un concurrido cruce en el centro de Shiraz, donde descubrió a media docena de adolescentes y veinteañeros apoyados en el lateral de un edificio y mirando fijamente sus móviles.

Preguntó a un chico qué estaba pasando y le dijeron que ese era el lugar al que acudía todo el mundo para utilizar Bluetooth para conectarse a Internet.

—¿No te preocupa? —preguntó Cohen—. Estás haciendo esto abiertamente. ¿No te preocupa que te pillen?

El chico dijo que no con la cabeza.

–Nadie de más de treinta sabe lo que es Bluetooth.

Fue entonces cuando se dio cuenta: la brecha digital se había convertido en la brecha generacional y para Cohen resultó evidente que esto abría una ventana de oportunidades. En países en los que la libertad de expresión era una ilusión, la gente con un mínimo de destreza tecnológica de pronto tenía acceso a una red de comunicación privada. Dado que los menores de treinta constituyen una mayoría en el mundo musulmán, Cohen llegó a la conclusión de que la tecnología podía ayudarles a cultivar una identidad no basada en la violencia radical.

Estas ideas recibieron una buena acogida en el Departamento de Estado de Estados Unidos. Cuando Cohen tenía veinticuatro años, la secretaria de Estado de entonces, Condoleezza Rice, lo contrató como el miembro más joven de su gabinete de planificación política. Seguía formando parte de su gabinete unos años después, cuando comenzaron a llegar extraños informes sobre protestas masivas contra las FARC.¹⁵ Las FARC, o Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia, un grupo insurgente marxista-leninista colombiano con cuarenta años de actividad, habían vivido durante mucho tiempo del terrorismo, el narcotráfico, la venta de armas y los secuestros. Entre 1999 y 2007 las FARC controlaban el 40 por ciento del país.¹⁶ La captura de rehenes se había vuelto tan común¹⁷ que, a principios de 2008, había 700 personas en cautividad, incluida la candidata presidencial Ingrid Betancourt, que había sido secuestrada durante la campaña de 2002. Pero de pronto, y aparentemente surgiendo de la nada, el 5 de febrero de 2008, en ciudades de todo el mundo, doce millones de personas se echaron a las calles para protestar contra los rebeldes y exigir la liberación de los rehenes.

Nadie en el Departamento de Estado entendía qué estaba pasando. Los manifestantes surgieron de manera espontánea. Parecía que no tenían líderes. Pero las manifestaciones parecían coordinadas de algún modo a través de Internet. Dado que Cohen era el más joven del lugar –el que supuestamente «entendía» la tecnología–, le pidieron que lo averiguara. Al intentar hacerlo, Cohen descubrió que un ingeniero informático colombiano llamado Óscar Morales¹⁸ podría ser el responsable. «Así que le hice una llamada», cuenta Cohen. «Hola. ¿Cómo estás? ¿Puedes decirme cómo lo has hecho?»

¿Qué había hecho Morales para llevar a millones de personas a las calles de un país en el que, durante décadas, cualquiera que dijera algo contra las FARC acababa secuestrado o muerto o aún peor? Había creado un grupo de Facebook. Lo llamó «Un millón de voces contra las FARC». A lo largo de la página escribió en mayúsculas cuatro peticiones sencillas: «NO MÁS SECUESTROS, NO MÁS MENTIRAS, NO MÁS MUERTES, NO MÁS FARC».

«No me importaba si solo se me unían cinco personas», dice Morales. «Lo que realmente quería hacer era crear un precedente: nosotros los jóvenes ya no éramos tolerantes con el terrorismo y los secuestros».

Morales acabó creando su página de Facebook alrededor de las tres de la madrugada del 4 de enero de 2008 y se fue a la cama. Cuando se despertó doce horas después, el grupo tenía 1.500 miembros. Un día después, 4.000. Al tercer día 8.000. A partir de ahí las cosas se hicieron exponenciales. Al final de la primera semana había llegado hasta 100.000 miembros. Más o menos ese fue el momento en que Morales y sus amigos decidieron que había llegado la hora de salir del mundo virtual y pasar al mundo real.

Solo un mes después, con la ayuda de 400.000 voluntarios, “Un millón de voces” movilizó a unos doce millones de personas en doscientas ciudades de cuarenta países.¹⁹ Solo en Bogotá salieron a las calles 1,5 millones. Estas protestas generaron tanta publicidad que las noticias penetraron profundamente en el territorio controlado por las FARC, donde las noticias no suelen llegar. «Cuando los soldados de las FARC escucharon cuánta gente estaba en su contra», dice Cohen, «se dieron cuenta de que la guerra había cambiado de signo. Como resultado de ello se produjo una oleada masiva de desmilitarización».

Cohen estaba fascinado. Voló a Colombia para encontrarse con Morales. Lo que más le sorprendió fue la estructura de la organización.

«Todo lo que vi tenía la estructura de una organización no gubernamental real, pero no se trataba de una ONG. Estaba Internet. Tenían seguidores en lugar de miembros, voluntarios en lugar de personal pagado. Pero ese tipo y sus amigos de Facebook ayudaron a desmontar las FARC». Para Cohen y el resto del Departamento de Estado fue una especie de punto de inflexión. «Era la primera vez que

nos dimos cuenta de la importancia de las plataformas sociales como Facebook y el impacto que podían tener en el poder de los jóvenes».

También fue el momento en que Cohen decidió que la tecnología tenía que ser una parte fundamental de la política exterior de Estados Unidos. Encontró aliados bien dispuestos en la administración de Obama. La secretaria de Estado, Hillary Clinton, había convertido en una máxima prioridad el uso estratégico de la tecnología, que calificó de «arte de gobernar del siglo XXI».²⁰ «Nos encontramos en un momento de la historia de la humanidad en que tenemos el potencial de implicarnos en estas formas nuevas e innovadoras de diplomacia», dijo la secretaria Clinton,²¹ «y de usarlas para ayudar a los individuos a fortalecer su desarrollo».

Con ese objetivo, a Cohen le fue inquietando cada vez más la distancia existente entre los problemas locales en los países en desarrollo y la gente que construye las herramientas de alta tecnología del siglo XXI. Así, bajo el amparo del Departamento de Estado, comenzó a llevar a ejecutivos de empresas tecnológicas a Próximo Oriente, especialmente a Irak. Entre los que invitó están el fundador de Twitter, Jack Dorsey. Seis meses después de ese viaje, cuando las protestas posteriores a las elecciones iraníes tomaron las calles de Teherán y el bloqueo informativo del gobierno puso en peligro todas las vías de comunicación tradicionales, Cohen llamó a Dorsey y le pidió que pospusiera el cierre rutinario por mantenimiento de la página web de Twitter.²² El resto, como se suele decir, es historia.

Por supuesto, Twitter se convirtió pronto en la única vía de comunicación disponible con el mundo exterior, y aunque la revolución de Twitter no derribó al gobierno iraní, junto a los esfuerzos de Morales y otras campañas de activismo basadas en Internet, todos estos acontecimientos allanaron el camino a lo que pronto se llamaría la Primavera Árabe (hablaremos más tarde de esto).

«No ocurrió de manera deliberada», dice Cohen. «Bluetooth era una tecnología inventada para que la gente pudiera hablar y conducir –ninguno de sus creadores pensó que su red de pares (*peer-to-peer*) sería utilizada para sortear un régimen opresivo. Pero el mensaje de los acontecimientos de los últimos años es claro: la información moderna y las tecnologías de la comunicación son las mayores herramientas para dar poder al individuo que hayamos visto».

Bits sí, bombas no

En 2009, cuando Eric Schmidt aún seguía siendo consejero delegado de Google (antes de convertirse en presidente ejecutivo), fue a Irak a instancias de Jared Cohen y el Departamento de Estado. Durante su viaje, Schmidt y Cohen se hicieron amigos. Tuvieron largas conversaciones sobre la reconstrucción del país y cómo la tecnología debería haber ejercido un papel mucho antes en ese esfuerzo. Bajo el dictador Sadam Husein, Irak no tenía una infraestructura de teléfonos móviles. Estados Unidos se había gastado más de 800.000 millones de dólares en un cambio de régimen, pero, como dice Schmidt, «lo que teníamos que haber hecho es dejar de lado los cables de fibra óptica y haber construido una infraestructura inalámbrica para dar más poder a los ciudadanos iraquíes».

Esta idea los llevó a una interesante constatación: la tecnología, al menos en su forma actual, favorece el poder individual. Schmidt lo explica más a fondo: «El individuo tiene que decidir qué hacer, en oposición a los sistemas tradicionales, pero esto tiene un montón de consecuencias. La tecnología no solo refuerza a la buena gente, también a la mala. Cualquiera puede ser un santo o un terrorista».

No es una cuestión baladí. Internet ha demostrado ser una poderosa herramienta de reclutamiento²³ para Hamas, Hezbollah y Al Qaeda. En 2011, los terroristas que viajaron desde Karachi hasta Bombay²⁴ utilizaron GPS para navegar, teléfonos vía satélite para comunicarse y los mapas de Google para localizar sus objetivos. En Kenia se usaron mensajes de texto insidiosos²⁵ para dirigir las oleadas de violencia étnica después de las disputadas elecciones de 2007. Pero también fue en Kenia donde se creó la mencionada Ushahidi. Schmidt cree que las páginas como esta son una fuerza en sentido contrario. «Tenemos mayor seguridad cuando la mayoría de la gente tiene el poder que le proporcionan la tecnología», dice. «La gente con acceso a la tecnología te puede contar cosas, te puede informar, puede hacer fotos».

En noviembre de 2010, unos cuantos meses después de que Cohen se marchara del Departamento de Estado²⁶ para unirse a Google como director de ideas, formó equipo con Schmidt para escribir «The Digital Disruption»,²⁷ un artículo para la revista *Foreign Affairs* que examinaba el impacto que iban a tener las ICT en las relacio-

nes internacionales durante la siguiente década. Como base para sus pronósticos la pareja utilizó una combinación del sistema político del país y su actual estado en tecnología de las comunicaciones. Países fuertes como Estados Unidos y los gigantes europeos y asiáticos parecen capaces de regular lo que Cohen y Schmidt llaman «el Estado interconectado» de maneras que reflejan sus valores nacionales. Sin embargo, los gobiernos parcialmente conectados, autocráticos, corruptos o inestables podían resultar volátiles. «En muchos casos», escribieron, «lo único que frena a la oposición es la ausencia de herramientas organizativas y comunicativas, que las tecnologías de la conexión amenazan con suministrar de forma barata y generalizada.»

Precisamente esto es lo que hemos visto en la Primavera Árabe.²⁸ Uno de los rasgos característicos de las revoluciones que han barrido Próximo Oriente a mediados de 2011 fue su uso de las tecnologías de la comunicación. Durante las protestas en El Cairo, Egipto, que provocaron la caída del presidente Hosni Mubarak, un activista resumió esto muy bien en un *tweet*:²⁹ «Utilizamos Facebook para programar las protestas, Twitter para coordinarlas y YouTube para comunicárselo al mundo».

Sin embargo, esta hoja también tiene dos filos. En Egipto el gobierno cerró Internet para sofocar la revuelta.³⁰ En Sudán los opositores fueron arrestados y torturados para que desvelaran las contraseñas de Facebook. En Siria, los mensajes progubernamentales aparecían en las páginas de Facebook de los disidentes, y el *hashtag* de Twitter #Syria –que contenía las cuentas de los manifestantes– fue inundado de resultados deportivos y otras cosas sin sentido. «Del mismo modo que hace unos años fue habitual hablar de la Web 2.0, ahora estamos siendo testigos de la Represión 2.0», dijo Daniel B. Baer, miembro de la Secretaría de Estado para la Democracia, los Derechos Humanos y el Trabajo, al *Washington Post*. Puede que la represión 2.0 dé pronto lugar a la represión 3.0, conforme los gobiernos autoritarios se familiaricen con la tecnología que tienen actualmente a su disposición. En *El desengaño de Internet: Los mitos de la libertad en la red*, Evgeny Morozov,³¹ redactor colaborador de *Foreign Policy* y profesor de la Fundación New America, escribe:

Google ya basa los anuncios que nos muestra en nuestras búsquedas y en los textos de nuestros *e-mails*. Facebook aspira a que sus

anuncios sean más precisos, tomando en cuenta qué tipo de contenido «nos ha gustado» anteriormente en otras páginas y los que les «gustan» a nuestros amigos y están comprando *online*. Imagínate crear sistemas de censura que sean tan detallados y estén tan sintonizados con las necesidades de información de sus usuarios como la publicidad con la que nos encontramos a diario. La única diferencia entre los dos es que un sistema aprende todo sobre nosotros para mostrarnos los anuncios más relevantes, mientras que el otro aprende todo de nosotros para prohibirnos acceder a las páginas relevantes. Los dictadores han sido algo lentos en darse cuenta de que los mecanismos de personalización que son la base de la Web 2.0 pueden ser orientados fácilmente a objetivos mucho más perversos que la publicidad dirigida, pero están aprendiendo rápidamente.

De modo que, mientras que las ITC son claramente la mejor herramienta para el dar poder al individuo, sigue siendo solo una herramienta y, como todas, es fundamentalmente neutral. Un martillo puede hacer puentes o golpear cabezas. Las tecnologías de la conexión no son muy diferentes. Mientras que su capacidad de dar más poder al individuo es clara, no hay garantías de que el resultado sea un mundo más seguro y libre. Lo que las ITCsp sí garantizan es una plataforma excepcionalmente amplia para poder cooperar. Las naciones se pueden asociar con las empresas, que pueden asociarse con los ciudadanos, que pueden asociarse entre sí para utilizar estas herramientas con el fin de promover un grado de poder positivo, la democracia, la igualdad y los derechos humanos. De hecho, con la complejidad del mundo actual, este tipo de cooperación parece obligatoria. Como señalan Schmidt y Cohen:³² «En una nueva era de poder compartido, nadie puede progresar en solitario».

Pero todos podemos progresar juntos, que es, a fin de cuentas, de lo que se trata.

Sexta parte

Conducir más rápidamente

Manejar la innovación y los avances tecnológicos

Miedo, curiosidad, avaricia y relevancia

Ahora que ya hemos terminado de explorar los niveles más altos de nuestra pirámide de la abundancia, debería estar claro que la tasa de innovación tecnológica nunca ha sido mayor y que las herramientas de que disponemos nunca han sido tan potentes. Sin embargo, ¿será suficiente? Aunque la abundancia es una posibilidad muy real, también estamos en una carrera contra el tiempo. ¿Acaso puede una mera versión del mundo actual manejar una población de 9.000 millones? ¿Podemos alimentar, cobijar y educar a todo el mundo sin los cambios radicales que se tratan en este libro? ¿Qué ocurriría si en algún momento del camino los profetas del final del petróleo o el final del agua o el final de lo que sea resulta que aciertan antes de que algún avance tecnológico pueda demostrar que no tienen razón? Hasta que las innovaciones de la abundancia den sus frutos, la escasez sigue siendo una preocupación real, y casi tan mala como la escasez es la amenaza de escasez y la devastadora violencia que esta puede incubar a menudo.

En muchos casos sabemos dónde queremos ir, pero no cómo hacerlo. En otros sabemos cómo llegar, pero queremos llegar antes. Este capítulo se centra en cómo podemos conducir la innovación y pisar el acelerador. Cuando surgen los cuellos de botella, cuando se necesitan avances, cuando la aceleración es el mandamiento fundamental, ¿cómo podemos ganar esta carrera?

Hay cuatro motivadores principales que rigen toda innovación.¹ El primero, y el más débil de todos, es la curiosidad: el deseo de averiguar por qué, de abrir la caja negra, de ver lo que hay detrás de la siguiente curva. La curiosidad es una poderosa adicción. Alimenta gran parte de la ciencia, pero no es nada comparado con el miedo, nuestro siguiente motivador. Un miedo extraordinario permite asumir riesgos extraordinarios. El programa Apollo de John F. Kennedy² fue llevado a cabo a pesar de sus numerosos peligros y con unos gastos enormes en respuesta a los éxitos espaciales soviéticos. (Puedes estimar la ratio de miedo respecto a la curiosidad como impulsor de la innovación humana: es la relación entre el presupuesto de Defensa³ y el de Ciencia,⁴ que en 2011 fue, en Estados Unidos, de aproximadamente 700.000 millones de dólares comparados con 30.000.) El deseo de crear riqueza es el siguiente motivador importante, cuyo mejor ejemplo es el sector del capital riesgo que apoya diez ideas calculando que nueve fracasarán y con la esperanza de que una será una gran ganadora. El cuarto y último motivador es el deseo de relevancia: la necesidad de que la propia vida importe, la necesidad de dejar una impronta en el mundo.

Una herramienta que aprovecha estos cuatro motivadores es el premio. Si necesitas acelerar cambios en áreas concretas, especialmente cuando los objetivos son claros y medibles, crear competiciones con el objeto de ganar un premio sustancial tiene una ventaja biológica. Los seres humanos tienen una mentalidad competitiva. Estamos diseñados para conseguir objetivos difíciles. Los premios son un medio demostrado de tentar a los más inteligentes del mundo, sin importar dónde vivan o dónde estén trabajando, para que se dediquen a tu problema concreto. Como descubrió Raymond Orteig a principios del pasado siglo, esas competiciones pueden cambiar el mundo.

El nuevo Espíritu de San Luis

Raymond Orteig creció siendo pastor en Francia,⁵ en las faldas de los Pirineos. A los doce años siguió los pasos de su tío y emigró a Estados Unidos. Con poco dinero, aceptó el único trabajo que pudo encontrar, como ayudante de camarero en el Hotel Martin del centro de

Manhattan. Durante una década ascendió a encargado de la cafetería, después encargado del hotel y finalmente, con el dinero ahorrado, compró el establecimiento. Cambió su nombre por el de Hotel Lafayette, y unos meses después compró el cercano Hotel Brevoort.

En los años posteriores a la Primera Guerra Mundial, los aviadores franceses solían alojarse en esos hoteles. A Orteig le encantaba escuchar sus historias de combates. Desarrolló una pasión por la aviación; soñaba con los beneficios que podían suponer los viajes en avión y quería encontrar una manera de ayudarlos a progresar. Fue por aquel entonces cuando dos pilotos británicos, John Alcock y Arthur Whitten⁶ Brown, realizaron el primer vuelo sin escalas desde Terranova hasta Irlanda, en 1919, y Orteig tuvo una idea. El 22 de mayo de 1919 expuso su plan en una breve carta⁷ para Alan Hawley, presidente del Aero club de América en la ciudad de Nueva York:

«Señores, como estímulo a los valientes aviadores, me gustaría ofrecer, a través de los auspicios y normas del Aero club de América, un premio de 25.000 dólares al primer aviador de cualquier país aliado que cruce el Atlántico en un vuelo de París a Nueva York o de Nueva York a París, quedando todos los demás detalles a su cargo».

El premio estaría disponible por un periodo de cinco años, pero los 5.793 kilómetros entre París y Nueva York eran casi el doble del récord anterior para un vuelo sin escalas, y transcurrieron esos años sin que nadie reclamara la victoria. Orteig ni se inmutó: renovó su ofrecimiento por otros cinco años. Esta nueva ronda de competición provocó bajas. En el verano de 1926, Charles W. Clavier y Jacob Islamoff⁸ murieron cuando su avión, excesivamente sobrecargado, se partió durante el despegue. En el verano de 1927 fueron el comandante Noel Davis y el teniente Stanton H. Wooster⁹ los que perecieron durante su última prueba de vuelo. Unas semanas después, el 8 de mayo de 1927, los aviadores franceses Charles Nungesser y François Coli¹⁰ volaron hacia el oeste al amanecer sobre Le Bourget, Francia, y no se les volvió a ver. Entonces llegó Charles A. Lindbergh.¹¹

De todos los que participaron en la competición de Orteig, Lindbergh era, con diferencia, el piloto menos experimentado. De hecho, ningún fabricante de aviones quería, ni siquiera, venderle un fuselaje o un motor por miedo a que su muerte acarrearía una mala reputación para sus productos. Los medios de comunicación le apodaron el «tonto volador», y pronto lo descartaron. Pero este es uno

de los aspectos de las competiciones que acaban en premio: están abiertas a todos, y se suele presentar todo tipo de gente, incluyendo los perdedores previsibles. A veces, el previsible perdedor gana. El 20 de mayo de 1927, ocho años después del desafío original, Lindbergh hizo eso precisamente: salió del Aeródromo Roosevelt de Nueva York y voló en solitario y sin escalas durante treinta y tres horas y treinta minutos hasta aterrizar sano y salvo en el Aeródromo de Le Bourget en los alrededores de París.

Difícilmente podríamos exagerar el impacto que tuvo el vuelo de Lindbergh. El Premio Orteig captó la atención del mundo¹² y fue el preludio de una era de grandes cambios. Un paisaje de temerarios y acróbatas de feria se transformó en otro de pilotos y pasajeros. En dieciocho meses, el número de pasajeros estadounidenses que pagaron por un pasaje se multiplicó por treinta, desde unos 6.000 hasta 180.000. El número de pilotos en Estados Unidos se triplicó. La cantidad de aeroplanos se cuadruplicó. Gregg Maryniak,¹³ piloto y ya mencionado director del Planetarium James S. McDonnell, ha dicho: «El vuelo de Lindbergh fue tan importante que cambió la manera de pensar del mundo sobre la aviación. Hizo que se volviera popular entre los consumidores y los inversores. Podemos establecer una conexión entre el Premio Orteig que ganó y el sector de la aviación actual de 300.000 millones de dólares».

En 1993 también fue Maryniak el que me dio una copia del libro de Lindbergh¹⁴ –ganador del Premio Pulitzer de 1954– *The Spirit of St. Louis*.¹⁵ Trataba de animarme a que me sacara la licencia de vuelo –cosa que hice–, pero la cosa no se detuvo ahí. Antes de leer el libro siempre había creído que Lindbergh se había despertado un día y había decidido hacer la proeza de cruzar el Atlántico volando. No tenía ni idea de que había llevado a cabo el vuelo para ganar un premio. Tampoco sabía la extraordinaria influencia que podían tener esas competiciones. Nueve equipos se gastaron, en conjunto, 400.000 dólares¹⁶ para intentar ganar los 25.000 dólares del Premio Orteig. Esto supone que se gastaron dieciséis veces más de lo que podían ganar, y Orteig no pagó un centavo a los perdedores, el mecanismo que había ideado para incentivar el vuelo apostaba automáticamente por el ganador. Además, lo que es mejor, el frenesí mediático resultante creó tanto entusiasmo público que se puso en marcha una nueva industria.

Yo quería poner en marcha otra. Desde mi tierna infancia había

soñado con el día en que el público pudiera comprar billetes para ir al espacio de manera rutinaria. Esperé pacientemente, con la esperanza de que la NASA acabaría haciéndolo realidad. Pero treinta años después, me di cuenta de que este no era el objetivo de la agencia, ni siquiera su responsabilidad. Hacer que la gente viajara al espacio era nuestro trabajo, posiblemente *mi* trabajo, y para cuando terminé de leer *The Spirit of St. Louis*, se había formado en mi cabeza la idea de un premio para «la demostración de una nave espacial reutilizable que realizara un vuelo suborbital».

Como no sabía quién sería mi «Orteig» lo llamé el PREMIO X.¹⁷ La letra X era una variable, un comodín, para sustituirla con el nombre de la persona o empresa que aportara el premio de diez millones de dólares. Pensé que conseguir el dinero sería fácil. Durante los siguientes cinco años mandé el proyecto a más de doscientos filántropos y empresarios. Todo el mundo dijo las tres mismas cosas: «¿Realmente alguien puede conseguirlo?, ¿por qué no lo hace la NASA?, y ¿no va a morir alguien intentándolo?» Todos ellos me dijeron que no. Finalmente, en 2001 conocí a nuestros benefactores económicos: Anousheh, Hamid y Amir Ansari.¹⁸ No les importaban los riesgos del proyecto y dijeron que sí sobre la marcha. Para entonces la X llevaba tanto tiempo que nos habíamos encariñado con ella. Como resultado, acabamos llamando a la competición el Ansari PREMIO X.

El poder de las competiciones

Orteig no inventó los premios. Tres siglos antes de que Lindbergh cruzara el Atlántico en avión, el Parlamento británico buscaba ayuda para cruzar el Atlántico en barco.¹⁹ En 1714 ofreció 20.000 libras a la primera persona que descubriera cómo medir con precisión la longitud en el mar. Se llamó Premio Longitud, y no solo ayudó al Parlamento a resolver sus problemas de navegación, sino que su éxito inició una larga serie de competiciones. En 1795 Napoleón I ofreció un premio de 12.000 francos²⁰ por un método de conservación de alimentos que facilitara el avituallamiento de su ejército en su larga marcha por Rusia. El ganador, Nicolas Appert, un fabricante de caramelos, estableció el método básico de enlatado que se sigue usando hoy en día. En 1823 el gobierno francés ofreció otro premio, esta vez

de 6.000 francos, para el desarrollo de turbinas hidráulicas comerciales a gran escala. El diseño ganador ayudó a impulsar la creciente industria textil. Otros premios han producido avances en el transporte, la química y la asistencia sanitaria. Como decía un reciente informe sobre el tema de McKinsey & Company:²¹ «Los premios pueden ser el acicate que produce una solución revolucionaria... Durante siglos fueron un instrumento fundamental de soberanos, sociedades reales y benefactores privados que buscaron resolver problemas sociales apremiantes y desafíos técnicos particulares».

El éxito de estas competiciones se puede reducir a unos pocos principios. El primero y más importante, los grandes premios aumentan la visibilidad de un desafío concreto al mismo tiempo que contribuyen a crear la idea de que ese desafío se puede resolver. Teniendo en cuenta lo que sabemos de los sesgos cognitivos, no se trata de un detalle menor. Antes del Ansari PREMIO X, pocos inversores tomaron en cuenta seriamente el mercado de los vuelos espaciales humanos; se suponía que eran territorio exclusivo de los gobiernos. Pero después de que se concediera el premio se crearon media docena de empresas,²² se han invertido casi mil millones de dólares,²³ y se han vendido billetes para ir al espacio por valor de cientos de millones.²⁴

En segundo lugar, en campos en los que los fallos del mercado han entorpecido las inversiones o los intereses creados han dificultado el progreso, los premios rompen los cuellos de botella. En la primavera de 2010, los fallos de la plataforma petrolífera de BP Deepwater Horizon provocaron un desastre en el Golfo de México.²⁵ Mucha gente quería asegurarse de que algo así no volviera a pasar nunca, incluido yo mismo. A través de una serie de conversaciones entre Francis Béland, vicepresidente de desarrollo de premios en la Fundación PREMIO X; David Gallo del Instituto Oceanográfico de Woods Hole y el miembro más reciente de la fundación, el cineasta James Cameron, se decidió que deberíamos desarrollar un «premio rápido» para hacer frente a la emergencia.²⁶

El centro de atención del premio era claro. La tecnología utilizada para limpiar el vertido de BP en 2010²⁷ era la misma que se usó para la limpieza del vertido del *Exxon Valdez* en 1989. De hecho, no solo era la misma tecnología, sino el mismo equipamiento. Claramente había llegado el momento de una modernización. La manera de proceder parecía ser ofrecer un premio para quien propusiera una manera

mejor de limpiar el petróleo de la superficie del mar. La filántropa Wendy Schmidt,²⁸ presidenta de la Fundación Familia Schmidt y del Proyecto Undécima Hora, estaba de acuerdo. A las veinticuatro horas de su anuncio se ofreció para financiar la competición. «Cuando vi lo que había ocurrido el año anterior en el Golfo», dijo, «tuve un sentimiento de incredulidad –un horror a la escala del desastre y su impacto en las vidas de las personas, la flora, la fauna y los sistemas naturales. Sabía que podíamos hacer algo para aliviar en el futuro el impacto de este tipo de desastres provocados por el hombre. Establecer un premio parecía el camino más rápido que podía imaginar para encontrar una solución». Y funcionó. Los resultados de la competición fueron espectaculares. El equipo ganador cuadruplicó el rendimiento de la tecnología existente en ese campo.

Además de ser una manera de elevar el perfil mediático de asuntos clave y de hacer frente rápidamente a las urgencias, un atributo fundamental de los premios es su capacidad de involucrar a una amplia red de personas y empresas.²⁹ Todo el mundo se involucra, desde los amateurs hasta los profesionales, desde las empresas unipersonales hasta las enormes corporaciones. Los expertos de un campo saltan a otro, llevando con ellos un flujo de ideas nuevas. Los marginales se pueden convertir en protagonistas. En tiempos del Premio Longitud inglés, había el convencimiento de que sería un astrónomo quien se lo llevara, pero fue John Harrison³⁰, un relojero autodidacta, quien lo hizo, gracias a su invento de un cronómetro marino. En la misma tónica, durante los dos primeros meses del DESAFÍO X de Limpieza de Petróleo Wendy Schmidt, unos 350 equipos potenciales procedentes de más de veinte países se registraron para la competición.

Las ventajas de los premios no acaban aquí. Dado su marco competitivo, aumenta el apetito de la gente por los riesgos, lo cual –como examinaremos en profundidad más adelante– trae más innovación. Como muchas de esas competiciones requieren una cantidad significativa de capital para crear un equipo (en otras palabras: sin pasta no hay Buck Rogers), es una suerte que la atmósfera competitiva atraiga a ricos benefactores ansiosos de dejar un legado y a empresas que buscan destacar en los medios de comunicación. Finalmente, las competiciones inspiran cientos de enfoques técnicos distintos, lo que significa que no solo dan lugar a una solución única, sino, más bien, a toda una industria.

El poder de los pequeños grupos (segunda parte)

La antropóloga estadounidense Margaret Mead³¹ dijo en una ocasión: «No dudes nunca de que un pequeño grupo de ciudadanos juiciosos y comprometidos pueden cambiar el mundo. De hecho, son los únicos que jamás lo hayan logrado». Resulta que hay razones para ello. Los grupos grandes o incluso de tamaño medio –empresas, movimientos, lo que sea– no están hechos para comportarse con agilidad, y tampoco son proclives a asumir grandes riesgos. Tales organizaciones están diseñadas para realizar progresos regulares y tienen demasiado que perder si aceptan las grandes apuestas que requieren ciertos avances.

Afortunadamente, no es el caso de los grupos pequeños. Sin burocracia, con poco que perder y una pasión por ponerse a prueba, los pequeños equipos obtienen sistemáticamente mejores resultados que las grandes organizaciones en lo que se refiere a la innovación. Los premios están perfectamente diseñados para aprovechar esa energía. Un gran ejemplo fue el DESAFÍO X para el Alunizador de Northrop Grumman en 2009.³² Se trataba de un premio de dos millones de dólares aportados por la NASA y gestionado por la Fundación PREMIO X, y formaba parte del programa de Desafíos del Centenario de la NASA. La competición consistía en fabricar un vehículo propulsado por cohetes y capaz de despegues y aterrizajes verticales, para volver a la superficie de la Luna. Desde quince años antes, con el programa del Departamento de Defensa DC-X,³³ el gobierno no había tenido esta capacidad, y su vehículo, que acabó estrellándose durante las pruebas, había costado a los contribuyentes unos 80 millones de dólares.

Ninguno de los dos equipos que terminaron repartiéndose el premio³⁴ (al cumplir todos los requisitos de la NASA) se parecía en nada a una típica empresa aeroespacial. Ambos eran pequeños, habían sido fundados por empresarios del software, y su personal estaba compuesto por unos cuantos ingenieros que trabajaban a tiempo parcial y sin ninguna experiencia en la industria espacial. El ingeniero John Carmack,³⁵ creador de los videojuegos *Quake* y *Doom*, que fundó y financió Armadillo Aerospace (que quedó en segundo lugar en la competición), lo resumió muy bien: «Creo que el mayor beneficio que pueda obtener la NASA de todo esto es ser testigo de una

operación como la nuestra que vaya desde el concepto hasta (casi) las pruebas de vuelo con éxito en menos de seis meses, con un equipo de ocho personas, trabajando a tiempo parcial y con un coste total de solo 200.000 dólares. Esto debería avergonzar a algunas de sus empresas contratadas que van a gastar decenas de miles de millones de dólares haciendo diferentes cosas».

Un resultado similar se alcanzó en 2007, cuando, en asociación con la Progressive Insurance Company, la Fundación PREMIO X³⁶ lanzó una competición para lograr el primer coche rápido, asequible, listo para entrar en producción y capaz de alcanzar más de 1,82 km por kilovatio-hora. Más de 130 equipos de veinte países se apuntaron a la competición. Tres ganadores se repartieron el premio de diez millones de dólares (lograron cifras que iban desde 1,86 hasta 3,41 kWh) y ninguno de ellos tenía más de unas pocas docenas de empleados.

«Ahora mismo la fundación tiene otros dos PREMIOS X activos», dice su presidente y subdirector, Robert K. Weiss.³⁷ «Está el PREMIO X Lunar de Google,³⁸ de 30 millones de dólares, y el PREMIO X de Archon Genomics, de 10 millones de dólares,³⁹ presentado por Medco. Para ganar el primero, todo lo que tienes que hacer es fabricar un robot y hacerlo alunizar, mandar desde la Luna fotos y vídeos, y hacer que recorra o dé un salto de quinientos metros, y que mande más fotos y vídeos. Para ganar el segundo, los equipos tienen que poder secuenciar los genomas de cien centenarios sanos en diez días». Hace no mucho más de una década, estas dos misiones habrían requerido miles de millones de dólares y miles de personas. No sé quién ganará cualquiera de las dos, pero, sea quien sea, puedo garantizar que será un pequeño grupo de ciudadanos juiciosos y comprometidos porque –como señaló Mead y han confirmado los premios incentivadores– esto es exactamente lo que se necesita para cambiar el mundo.

El poder de las limitaciones

A menudo se nos dice que la creatividad es un tipo de pensamiento que fluye libremente, tiene un amplio alcance y **«todo vale»**. Hay que permitir que las ideas florezcan sin dificultades. Existe toda una literatura de estrategias de negocio de «pensar fuera de la caja» que

aceptan estas nociones, pero si la innovación es realmente el objetivo, como señalan los hermanos Dan y Chip Heath,⁴⁰ autores del *best-seller Pegar y pegar*, en las páginas de *Fast Company*: «No pienses fuera de la caja. Compra la caja. Sigue intentándolo una y otra vez hasta que encuentres lo que cataliza tu pensamiento. Una buena caja es como una línea divisoria en la autopista. Es una restricción que libera».

En un mundo sin restricciones, la mayoría de la gente se toma su tiempo para los proyectos, asume menos riesgos, derrocha el dinero y trata de alcanzar sus objetivos de manera cómoda y tradicional, lo cual, por supuesto, no lleva a nada nuevo. Pero esta es otra razón por la que los premios son unos agentes del cambio tan efectivos: por su propia naturaleza, solo son un mecanismo para centrar la atención y una lista de restricciones.

Para empezar, el dinero del premio define los parámetros del gasto. El Ansari PREMIO X eran 10 millones de dólares. La mayoría de los equipos, quizá de manera optimista (¿y quién iba a participar en un premio espacial sin ser un optimista?), dijeron a sus patrocinadores que podían ganar gastando menos del valor del premio. En realidad, los equipos suelen superar los presupuestos, gastándose mucho más que el dinero del galardón en resolver el problema (porque, por diseño, se aplica un modelo de negocio que contempla los costes que se incurren después de completar el proyecto, para ayudarles a recuperar sus inversiones). Pero el premio constituye un límite que tiende a mantener alejados a los participantes tradicionales aversos al riesgo. En el caso del PREMIO X, mi objetivo era disuadir a empresas como Boeing, Lockheed Martin y Airbus de que entraran a competir. En su lugar quería que participara una nueva generación de empresarios que reinventara los vuelos espaciales para las masas —que es exactamente lo que pasó.

El límite temporal de una competición con premio constituye otra restricción liberadora. En la olla a presión que es toda carrera, con una fecha límite cada vez más inminente, los equipos se tienen que poner de acuerdo rápidamente, por lo que «la vieja manera tradicional» no funciona. De modo que los participantes se ven obligados a probar algo nuevo, elegir un camino, bueno o malo, y ver qué pasa. La mayoría de los equipos fracasan, pero con docenas o centenares de ellos compitiendo, ¿realmente importa? Con todas estas limitaciones, si un equipo logra el premio es que ha creado un auténtico avance.

Tener un objetivo claro y audaz es la siguiente restricción importante. Después de que Venter secuenciara el genoma humano, muchas empresas comenzaron a vender servicios de secuenciación del genoma.⁴¹ Pero ninguno de sus productos tenía suficiente fiabilidad como para ser médicamente relevante. Así que se creó el Archon Genomic PREMIO X. Este premio exige a los equipos que secuencien el genoma de cien seres humanos con precisión (un error en un millón de pares de bases), completamente (el 98 por ciento del genoma humano), rápidamente (en diez días) y de forma barata (con un coste de menos de 1.000 dólares por genoma) –una cuádruple combinación que supone una mejora de multiplicar por 365 millones en términos de precio-tiempo y rendimiento el trabajo original de Venter en 2001. Además, como los genomas a secuenciar pertenecen a cien centenarios sanos, los resultados de esta competición desvelarán aún más los secretos de la longevidad y nos conducirán a nuestro objetivo de abundancia de asistencia sanitaria.

Soluciones de precio fijo

Los premios no son, sin embargo, la panacea; no pueden arreglar todo lo que nos aqueja. Pero en el camino hacia la abundancia, cuando falta una tecnología clave, o se ha identificado un objetivo final concreto que todavía no se ha conseguido, estos premios pueden ser un modo eficiente y con un efecto multiplicador de ir de A a B. Por supuesto, esto es lo que estamos haciendo en la Fundación PREMIO X. Hemos puesto en marcha seis competiciones, premiado cuatro de ellas,⁴² y concebido más de ochenta que están esperando financiación. Sin embargo, en última instancia, este capítulo no es sobre el PREMIO X –no se trata de eso. La cuestión es que los premios tienen un historial de trescientos años de dirigir el progreso y acelerar el cambio. Son una buena manera de orientarnos hacia el futuro que realmente queremos. Así que empieza el tuyo propio. Ayuda con los nuestros. Lo que sea.

En áreas como las enfermedades crónicas, en las que los gobiernos gastan miles de millones de dólares, la oferta de un premio grande parece que no tiene sentido. El sida le cuesta al gobierno estadounidense más de 20.000 millones de dólares al año,⁴³ es decir, más

de 100.000 millones en un periodo de cinco años. Imagínate, por ejemplo, ofrecer un premio de 1.000 millones al primer equipo que cree una cura o una vacuna. Claro, el mercado es amplio y la empresa que desarrolle esta cura obtendrá grandes recompensas, pero ¿qué pasaría si los mil millones del gobierno se pagaran directamente a los científicos que hicieran el descubrimiento? ¿Cuántas más mentes brillantes se pondrían en marcha para solucionar este problema? ¿Cuántos investigadores empezarían a soñar despiertos con encontrar soluciones?

Ahora aplica este razonamiento al alzheimer, al párkinson o al cáncer que elijas. Lo que quieras. El resultado es un ejército de gente brillante alrededor del mundo pensando en el problema y trabajando con su propio dinero para resolverlo. Gestionado de manera adecuada, este mecanismo ofrece el potencial de hacer ciencia a coste fijo, ingeniería a coste fijo y soluciones a coste fijo. Siempre he pensado (parafraseando al experto en informática Alan Kay)⁴⁴ que la mejor manera de predecir el futuro es crearlo tú mismo, y en mis cinco décadas de experiencia, no hay mejor manera de hacer precisamente eso que con premios.

Capítulo 18

Riesgo y fracaso

La evolución de una gran idea

Sir Arthur C. Clarke,¹ inventor del satélite de comunicaciones geoes-tacionario y autor de docenas de *best-sellers* de ciencia ficción, sabía algo sobre la evolución de las grandes ideas. Describió tres etapas en su desarrollo. «Al principio», dice Clarke, «la gente te dice que es una idea loca y que nunca funcionará. Después te dicen que tu idea puede funcionar, pero que no merece la pena llevarla a cabo. Finalmente comentan, ¡ya te dije todo el tiempo que era una gran idea!».

Cuando a Tony Spear le ofrecieron el trabajo de aterrizar un r ver no tripulado en la superficie de Marte,² no sospechaba que las tres etapas de Clarke iban a marcar precisamente su experiencia. Un jovial canoso, cruce entre Albert Einstein y Archie Bunker, Spear comenzó su carrera en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA en 1962. Durante las siguientes cuatro décadas trabajó en misiones desde Mariner hasta Viking, pero la última de ellas, como director de proyecto de la Mars Pathfinder, es la que describe como la «mis n más difícil de su carrera».

El año era 1997 y Estados Unidos no había logrado que ninguna sonda aterrizara en Marte desde julio de 1976. Fue la Viking, una misión compleja y cara,³ que costó unos 3.500 millones de dólares (de 1997). La misión que tenía Spear era encontrar un modo de hacer todo lo que había hecho la misión anterior, solo que «más rápido, mejor y más barato», y cuando digo más barato quiero decir muchísimo más barato: quince veces para ser más exacto, con un coste de

desarrollo fijo y total de tan solo 150 millones de dólares.⁴ Por la ventana se fueron las cosas caras, las tradicionales y las que habían demostrado que funcionaban, incluyendo los tipos de retrocohetes para aterrizar que se emplearon en la Viking.

«Para lograrlo bajo esas limitaciones imposibles, teníamos que hacerlo todo de manera diferente», reflexiona Spear, «desde cómo se gestionaba hasta cómo aterrizábamos. Realmente daba miedo. En la sede central de la NASA me asignaron seis gestores distintos uno tras otro –cada uno de los cinco primeros encontró una excusa diferente para salirse del proyecto. Finalmente me asignaron a alguien que estaba a punto de jubilarse y al que no le importaba pegarse a mí al final de su carrera. Incluso el administrador de la NASA, Daniel Golden, casi se puso como loco cuando recibió las instrucciones de la misión –le pareció imposible la cantidad de cosas nuevas que estábamos probando».

Entre las muchas cosas que Spear probó, nada sorprendió tanto como el uso de airbags para amortiguar el impacto inicial,⁵ para que la nave rebotara como una pelota de playa en la superficie marciana, antes de pararse en un lugar seguro. Los airbags eran baratos, no contaminarían el lugar de aterrizaje con productos químicos y Spear estaba bastante seguro de que funcionarían. Sin embargo, las primeras pruebas fueron un desastre, por lo que se convocó a los expertos.

Los expertos tenían un par de opiniones. La primera era: no uses airbags, y la segunda: no, realmente lo decimos en serio, ni siquiera *consideres* la posibilidad de utilizar airbags. «Dos de ellos», recuerda Spear, «me dijeron de plano que estaba malgastando el dinero del gobierno y que debería cancelar el proyecto. Finalmente, cuando se dieron cuenta de que no lo iba a dejar, decidieron ponerse manos a la obra y ayudarme».

Juntos probaron más de una docena de diseños, deslizándolos por una falsa superficie rocosa supuestamente marciana para ver cuál sobreviviría sin hacerse pedazos. Finalmente, solo ocho meses antes del lanzamiento, Spear y su equipo completaron las pruebas de un diseño compuesto de veinticuatro esferas interconectadas, situadas a bordo del Pathfinder, y lo lanzaron al espacio. Pero los nervios no se acabaron ahí. El viaje a Marte llevó ocho meses, durante los cuales había mucho tiempo para inquietarse por el destino de la misión. «En las semanas anteriores al aterrizaje», recuerda Spear, «todo el

mundo estaba muy nervioso, especulando si tendríamos un enorme ¡plaf! cuando llegáramos. El propio Golden se preguntaba qué hacer: ¿debería ir a la sala de control para el aterrizaje o no? Solo unas días antes de nuestro descenso a la superficie, el 4 de julio, el administrador optó por un cambio de dirección audaz,⁶ dando una rueda de prensa y anunciando: “La misión Pathfinder muestra una nueva manera de hacer negocios en la NASA, y es un éxito con independencia de que sobrevivamos al aterrizaje”».

Sin embargo, el aterrizaje se produjo exactamente tal y como estaba planeado. Se había gastado una quinceava parte del coste de Viking, y todo funcionó perfecto, especialmente los airbags. Spear era un héroe. Golden estaba tan impresionado que insistió en que se utilizaran los airbags para el aterrizaje de las siguientes misiones a Marte, y le cita diciendo: «Tony Spear fue un director de proyecto legendario⁷ en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) y contribuyó a hacer de la Mars Pathfinder el éxito fascinante en que se convirtió».

La cuestión aquí, por supuesto, es que Clarke tenía razón. Desarrollar las buenas ideas implica una considerable cantidad de riesgo. Siempre habrá detractores. La gente se resistirá a las ideas innovadoras hasta el momento en que sean aceptadas como normales. Dado que el camino hacia la abundancia requiere una gran cantidad de innovación, también requerirá un buen grado de tolerancia hacia el riesgo, el fracaso y las ideas que son vistas por la mayoría como tonterías absolutas. Como dice Burt Rutan: «Las ideas revolucionarias surgen de tonterías.⁸ Cuando una idea realmente supone un avance, es porque hasta el día antes de ser descubierta debe haber sido considerada loca o tonta o ambas cosas, de otro modo no sería un avance».

La ventaja de fracasar

Rutan acierta, pero hay algo que no contempla —a veces las ideas tontas son simplemente eso, tontas. Algunas son malas sin más. Otras se adelantan a su tiempo, o no alcanzan sus objetivos de mercado o no son viables financieramente. Sea cual sea el motivo, estas opciones están condenadas. Pero el fracaso no necesariamente es el desastre que todo el mundo cree. En un artículo para el Stanford Business

School News, el profesor Baba Shiv⁹ lo explica de este modo: «El fracaso es un concepto temido por la mayoría de los empresarios. Pero el fracaso en realidad puede ser un enorme motor de la innovación. El truco está en aproximarse a él con la actitud adecuada y aprovecharlo como una bendición, no como una maldición».

Shiv estudia el papel que desempeñan los sistemas cerebrales del deseo en la toma de nuestras decisiones, una disciplina conocida actualmente como neuroeconomía. Cuando se trata de riesgo, Shiv divide el mundo en dos formas de pensar: la gente del tipo 1 tiene miedo de cometer errores. Para ellos el fracaso es vergonzoso y desastroso. El resultado es que tienen aversión al riesgo, y cualquier progreso que hacen es, en el mejor de los casos, incremental. Por otra parte, las personas del tipo 2 tienen miedo de perderse las oportunidades. Lugares como Silicon Valley están llenos de empresarios del tipo 2. «Lo que les da vergüenza a estas personas», dice Shiv, «es estar sentados en las bandas mientras alguien consigue tener una gran idea. El fracaso no está mal; de hecho, puede ser apasionante. De los llamados fracasos surgen esas valiosas pepitas de oro, los momentos “¡ajá!” que te llevan hasta tu siguiente innovación».

Uno de los casos más famosos fue la invención de la bombilla por parte de Thomas Edison, que le exigió mil intentos antes de dar con el bueno. Cuando un periodista le preguntó qué sentía al fracasar mil veces seguidas, Edison contestó:¹⁰ «No he fracasado. Simplemente he descubierto mil maneras que no funcionan». O tomemos el caso del Newton,¹¹ considerado uno de los pocos fiascos de Apple. El primer asistente digital personal (PDA) del mundo se adelantó a su época, se aceleró su comercialización, estaba plagado de problemas y tenía un precio demasiado caro. El software de reconocimiento de la escritura, su característica fundamental, nunca funcionó correctamente. Apple se gastó 1.500 millones de dólares (de 2010) en su desarrollo y solo recuperó menos de una cuarta parte. Los críticos fueron muy duros con el proyecto. Pero una década después de cancelar el aparato, los conceptos básicos del Newton fueron retocados para convertirlo en el éxito épico conocido como el iPhone –que vendió 1,4 millones de unidades los primeros noventa días y fue el invento del año de la revista *Time* en 2007.

Arianna Huffington,¹² directora y fundadora de la página web Huffington Post, está de acuerdo:

Nunca serás capaz de lograr un éxito apoteósico sin arriesgarte a un fracaso apoteósico. Si quieres triunfar a lo grande, no hay otro remedio que exponerte a los riesgos. Por supuesto que a nadie le gusta fracasar, pero cuando el miedo al fracaso se traduce en no arriesgarte tanto y no perseguir tus sueños, a menudo significa no avanzar. La audacia es como un músculo: cuanto más lo usas, más fuerte se vuelve. Cuanto más dispuestos estamos a arriesgarnos a fracasar y a hacer realidad nuestros sueños y deseos, menos miedosos nos volvemos y será más fácil la vez siguiente. En conclusión, arriesgarse es una parte indispensable de cualquier acto creativo.

Tony Spear nunca hubiera logrado su éxito pasito a pasito. Lo consiguió al encarar sus miedos y plantar cara al desfile de expertos que intentaron desanimarle. Así que, si estás interesado en los grandes desafíos, en innovar y cambiar el mundo, tienes que prepararte. Vete al gimnasio, empieza a trabajar tus músculos de la audacia y a endurecer tu piel contra la lluvia de críticas que llegarán. Y lo más importante, no busques cambiar el mundo a menos que lo desees, por parafrasear al místico indio del siglo XIX, Sri Ramakrishna,¹³ «como un hombre con el cabello en llamas busca un estanque». En última instancia, hay que tener la pasión y los objetivos para convencer al mundo de algo, lo cual, por supuesto, es el primer paso para cambiarlo.

Nacido por encima de la línea de supercredibilidad

Si tu objetivo es cambiar el mundo, entonces la forma cómo se entere el mundo de tus planes es tan importante como el plan en sí mismo. En mayo de 1996 mi desafío era hacer que el mundo creyera que el PREMIO X era una manera viable de abrir la frontera espacial, aunque no tuviera el dinero para el premio ni los equipos para competir. Cuatro meses después, inspirado por la autobiografía de Charles Lindbergh, encontré un grupo de visionarios de Saint Louis¹⁴ que me convencieron de que esta ciudad era el lugar adecuado como base de mis esfuerzos. Nuestro siguiente objetivo era convencer a los filántropos locales de que una competición de diez millones de dólares podía dar lugar a una industria espacial y al mismo tiempo devolver

a Saint Louis a su gloria de 1927. En última instancia, reunimos unos 500.000 dólares –que no era ni de lejos lo que necesitábamos para montar la competición, pero sí más que suficiente para anunciarla de una manera audaz y convincente, por encima de lo que más tarde llegué a llamar la «línea de supercredibilidad».

Cada uno de nosotros tiene una «línea de credibilidad» interna. Cuando escuchamos una idea que es presentada por debajo de esa línea la descartamos sin pensarlo dos veces. Si el adolescente de la casa de al lado manifiesta su intención de volar a Marte, sonríes con suficiencia y sigues adelante. También tenemos una línea interna de supercredibilidad. Si se anunciara que Jeff Bezos, Elon Musk y Larry Page se hubieran comprometido a financiar una misión privada a Marte, «¿cuándo aterrizará?» se convertiría en una pregunta mucho más razonable. Cuando escuchamos una idea presentada por encima de la línea de supercredibilidad, inmediatamente le damos crédito y la utilizamos para garantizar acciones futuras.

El 18 de mayo de 1996 mi objetivo era nada más y nada menos que la supercredibilidad. En el escenario estaban conmigo Erik y Morgan Lindbergh,¹⁵ los nietos de Charles, y veinte astronautas veteranos de la NASA.¹⁶ Justo a mi derecha estaba Patti Grace Smith,¹⁷ administradora de vuelos espaciales de la Administración Federal de Aviación (FAA); a mi izquierda, el administrador de la NASA, Daniel Golden. Era un grupo formado por muchos de los mayores expertos del mundo en el espacio. Claro que yo solo era un tipo con una idea tonta. Pero con este equipo respaldándome ya no parecía tan tonta.

Obviamente, la mayor ventaja de tener a esta gente en el escenario era el efecto halo que proporcionaban al anuncio. Pero igualmente importantes eran las innumerables horas que había pasado hablando con cada uno de ellos, presentándoles el concepto del PREMIO X, perfeccionando las ideas y contestando a sus preocupaciones.

Y funcionó. Después de la ceremonia, las portadas del mundo anunciaron: «Se crea un premio de diez millones de dólares para incentivar las naves espaciales privadas». Después vinieron cientos de artículos –ninguno de ellos se preocupó de mencionar que no teníamos dinero para el premio, ni equipos y que no nos quedaban fondos. Sin embargo, como habíamos lanzado la idea por encima de la línea de supercredibilidad, otros decidieron compartir nuestro sueño. La financiación comenzó a llegar; los equipos también dieron

un paso al frente. Aunque no conseguimos reunir la bolsa de diez millones –para eso hubo que esperar otros cinco años, hasta que conocí a la familia Ansari–, reunimos lo suficiente para mantener vivas tanto la organización como la competición.

Ese día aprendí cómo una primera impresión poderosa (en otras palabras, anunciar tu idea de un modo supercreíble) es fundamental para lanzar un concepto que supone un avance. Pero también vi la importancia de la mentalidad. *Mi* mentalidad. Por supuesto, me hubiera gustado llegar al espacio desde mi niñez, pero ¿estaba realmente seguro de que este enfoque funcionaría? Para llegar a la supercredibilidad, tenía que exponer mis ideas ante los mejores y más brillantes de la industria aeroespacial, demostrar mis premisas y contestar preguntas incómodas. Al hacerlo se desvaneció cualquier duda que hubiera tenido. Para cuando estaba en el escenario con mis dignatarios, la idea de que el PREMIO X podía funcionar no era una fantasía prometedora, era el mañana que estaba seguro que llegaría pronto. Esta es la segunda cosa que aprendí ese día: el impresionante poder de tener la mentalidad adecuada.

Piensa diferente

En 1997, Apple lanzó su campaña de publicidad «Piensa diferente»¹⁸ con su ya famosa declaración: «Esto es para los locos».

Esto es para los locos, los inadaptados, los rebeldes, los problemáticos, los que van en contra de la corriente... los que ven las cosas de manera diferente –ellos no siguen las reglas y no tienen respeto por lo establecido... Puedes citarlos, estar en desacuerdo, glorificarlos o satanizarlos, pero lo único que no puedes hacer es ignorarlos, porque ellos cambian las cosas... impulsan a la humanidad hacia delante, y mientras que otros los ven como locos, nosotros los vemos como genios, porque la gente que está tan loca como para pensar que puede cambiar el mundo es quien lo logra.

Si solo escucharas estas palabras, podrían parecerte bravuconerías, jerga de marketing de una compañía que no es conocida por su uso. Pero Apple unió vista y sonido. Acompañando a estas pala-

bras había imágenes: Bob Dylan como inadaptado; el doctor Martin Luther King como problemático; Thomas Edison como el que no tiene respeto por lo establecido. De pronto todo cambia. Resulta que su campaña no es solo bravuconería. De hecho, parece ser una forma bastante precisa de volver a contar los acontecimientos históricos.

La cuestión, por muy obvia que sea, es bastante fundamental: tienes que estar un poco loco para cambiar el mundo, y realmente no puedes esconderlo. Si no crees en la posibilidad, entonces nunca harás el esfuerzo necesario al 200 por cien. Esto puede colocar a los expertos en una situación delicada. Muchos han construido sus carreras apoyando lo establecido, reforzando lo que ya han conseguido y resistiéndose al pensamiento radical que puede derribar su legado –lo cual no es precisamente la actitud que deseas cuando tratas de impulsar una innovación.

Henry Ford estaba de acuerdo:¹⁹ «Ninguno de nuestros hombres son “expertos”. Sintiéndolo mucho, hemos considerado necesario deshacernos de un hombre tan pronto como piensa de sí mismo que es un experto, porque nadie se considera nunca a sí mismo un experto si realmente conoce su trabajo... Prever siempre las cosas, pensar siempre en tratar de hacer más, produce un estado mental en el que nada es imposible». Así que, si buscas grandes desafíos, puede que los expertos no sean tus mejores cómplices.

En lugar de ello, si necesitas a un grupo de personas que se crecen con los riesgos, están llenas de ideas locas y no tienen la menor idea de que exista una «manera equivocada» de hacer las cosas, hay un lugar concreto al que mirar. A principio de los sesenta, cuando el presidente Kennedy lanzó el programa Apollo, existían muy pocas de las tecnologías necesarias. Teníamos que inventarlo casi todo, y lo hicimos. Una de las principales razones fue que esos ingenieros que participaron no sabían que estaban tratando de hacer lo imposible, porque eran demasiado jóvenes para ello. Los ingenieros que nos llevaron a la Luna²⁰ tenían entre veinticinco y treinta años. Avanza unos treinta años y una vez más te encontrarás a un grupo de veinteañeros llevando a cabo una revolución, ahora en el mundo punto com. No se trata de una coincidencia: la juventud (y las actitudes juveniles) lleva a la innovación –así ha sido y así será siempre. Así que si nos tomamos en serio crear una era de abundancia, entonces vamos a tener que aprender a pensar de manera diferente, como los

jóvenes, apostar, y quizá más importante, sentirnos cómodos con los fracasos.

Sentirnos cómodos con los fracasos

Casi cada vez que doy una conferencia me gusta preguntar a la gente qué les da más miedo del fracaso. Hay tres respuestas constantes: pérdida de reputación, pérdida de dinero y pérdida de tiempo. La reputación es una cualidad construida a partir de los buenos resultados económicos y de los éxitos en serie. Un gran fracaso puede echar por tierra décadas de esfuerzo. El dinero, un recurso escaso para la mayoría, llega más fácilmente a aquellos con una trayectoria de éxitos, y el tiempo es simple y llanamente irremplazable. Cárgate tu reputación en la portada de los periódicos, declárate en bancarrota o malgasta años tras una mala idea, y es probable que tú también te vuelvas contrario al riesgo.

Dado que la creación de las tecnologías relacionadas con la abundancia requiere asumir riesgos, averiguar cómo convertir lo que Baba Shiv llama el tipo 1 de fóbicos al riesgo en el tipo 2 de adictos al riesgo es vital para progresar. Actualmente, hay una serie de propuestas que están resultando ser atractivas.

Algunas empresas se están centrando en cómo hacer que su entorno sea más tolerante con el fracaso. En la empresa de software financiero Intuit,²¹ por ejemplo, el equipo responsable de una campaña de marketing especialmente desastrosa recibió un premio del director Scott Cook, que dijo: «Solo es un fracaso si no sabemos aprender la lección». De manera similar, Ratan Tata,²² presidente del conglomerado indio Tata Group, declaró a *The Economist*²³ «el fracaso es una mina de oro», cuando explicaba por qué su empresa instituyó un premio a las mejores ideas que fracasaron y que permitieron a la empresa aprender una lección importante.

Otra manera en que las empresas han comenzado a reforzar sus músculos más audaces es desarrollando prototipos sin parar: Se trata de proponer nuevas ideas por alocadas que sean, después desarrollar rápidamente un modelo físico o una maqueta de la solución. «Este proceso», dice Shiv, «permite moverse rápidamente desde lo abstracto hasta lo concreto, y también visualizar el resultado de sus ideas.

Como no todos los prototipos acaban siendo la solución mejor o última, la creación rápida de prototipos también enseña que en realidad el fracaso es una parte necesaria del proceso innovador».

Michael Schrage, un investigador en los centros del MIT de negocios digitales y del emprendimiento, ha desarrollado el Método de Innovación Rápida 5X5X5,²⁴ una manera muy concreta de poner en práctica la noción de Shiv. «La idea es bastante simple y concisa», dice. «Una empresa que busque avanzar en un terreno concreto establece cinco equipos de cinco personas y les da a cada uno de ellos cinco días para que aporten una cartera de cinco “experimentos de negocio” que no debería llevar más de cinco semanas poner en marcha y no deberían costar más de 5.000 dólares cada uno. Esos equipos son plenamente conscientes de que están “compitiendo” con sus colegas para elaborar los mejores proyectos, y que quizá se ganen la oportunidad de desarrollar su idea».

La metodología de Schrage utiliza dos ideas ya tratadas: el poder de las limitaciones y el de los grupos pequeños. Si se lleva a cabo en un ambiente amistoso y favorable al riesgo –en el que todos entiendan que la mayoría de las ideas fracasarán–, los participantes no tendrán miedo a que un mal resultado afecte su reputación. En estas circunstancias tener una idea tonta no tiene consecuencias negativas, y sí un enorme éxito si esa idea tonta resulta ser revolucionaria, de modo que la gente está mucho más dispuesta a asumir riesgos. Puesto que para desarrollar cada idea solo se dispone de cinco días y 5.000 dólares, nadie se preocupa de incurrir en una pérdida significativa de tiempo o de capital.

¿Este proceso acabará siempre en innovaciones? Es dudoso. Pero sí crea un entorno seguro donde la gente puede desplegar su imaginación, asumiendo riesgos menores y aprendiendo a ver el fracaso como un pilar de la innovación en lugar de pensar que es su opuesto.

¿Qué es lo siguiente?

El adyacente posible

Muy al principio de este libro decíamos que la verdadera promesa de la abundancia es la de crear un mundo de posibilidades: un mundo en el que los días de todos se pasen soñando y construyendo, no peleando y peleando. Nunca antes una promesa así ha estado realmente a nuestro alcance. Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, la vida consistía en resolver necesidades. Solo encontrar maneras de sobrevivir consumía la mayor parte de nuestra energía. En efecto, la distancia entre la realidad del día a día y el verdadero potencial de cada uno era enorme. Pero en estos días extraordinarios que son los nuestros, ese abismo está empezando a cerrarse.

A un determinado nivel, el cambio se produce debido a una propiedad fundamental de la tecnología: el hecho de que se expanda a lo que el teórico de la biología Stuart Kauffman¹ llama «el adyacente posible». Antes de la invención de la rueda, la carreta, el carruaje, el automóvil, la carretilla, el monopatín y otro millón de descendientes de la circularidad eran inimaginables. Existían en un ámbito prohibido hasta que se descubrió la rueda, pero una vez descubierta esta, los caminos hacia estas tecnologías se abrieron. Este es el adyacente posible. Es la larga lista de posibilidades que se abren siempre que se hace un descubrimiento.

«La verdad extraña y hermosa sobre el adyacente posible es que sus fronteras se expanden a medida que las exploras», escribió el Steven Johnson² en el *Wall Street Journal*. «Cada nueva combinación abre

la posibilidad de otras combinaciones nuevas. Piénsalo como si se tratara de una casa que se amplía mágicamente con cada puerta que abres. Empiezas en una habitación con cuatro puertas, cada una de ellas lleva a otra habitación en la que todavía no has estado. Cuando abres una de esas puertas y entras en la habitación, aparecen tres nuevas puertas, cada una de las cuales lleva a otra habitación completamente nueva a la que no podrías haber llegado desde el punto de partida original. Sigue abriendo nuevas puertas y acabarás construyendo un palacio».

Nuestro camino de adyacentes posibles nos ha llevado a un momento único en el tiempo. Hemos llegado a un mundo en el que la naturaleza expansiva de la tecnología ha comenzado a conectar con nuestros deseos íntimos. En *What Technology Wants*,³ Kevin Kelly lo explica de este modo: «Durante la mayor parte de la historia, la mezcla única de talentos, habilidades, conocimientos y experiencias de cada persona no tenía salida. Si tu padre era panadero, tú eras panadero. Conforme la tecnología expande el espacio de lo posible, también lo hace con las posibilidades que tiene alguien de encontrar una salida a sus atributos personales... Cuando ampliamos la variedad y alcance de la tecnología, aumentamos nuestras opciones, no solo para nosotros mismos y los demás seres vivos, sino para todas las generaciones venideras».

Hace medio siglo, Abraham Maslow señaló que la gente cuyas necesidades básicas no estaban siendo cubiertas tenían poco tiempo para dedicar a su propia realización. Si estás tratando de alimentarte o de encontrar medicamentos para tus hijos o de sobrevivir a otras amenazas similares, entonces no es probable que puedas vivir una vida llena de posibilidades. Pero aquí es exactamente, como imaginó Daniel Kahneman, donde el adyacente posible se encuentra con el camino de la abundancia y produce una mejora espectacular.

La búsqueda de la felicidad

Hace unos años Kahneman dejó de interesarse por la cuestión de los sesgos cognitivos⁴ y centró su atención en la relación entre nivel de ingresos y bienestar. Al analizar los resultados del Índice de Bienestar Gallup-Healthways, que preguntaba a unos 450.000 estadounidenses

qué les hace felices, descubrió, como dijo acertadamente el *New York Times*: «Quizá el dinero compre la felicidad, después de todo».

Quizá es la palabra clave.

Lo que muestran los datos es que la satisfacción emocional propia se mueve a la par del nivel de ingresos –conforme suben los ingresos, también lo hace el bienestar–, pero solo hasta un determinado nivel. Antes de que el estadounidense gane 75.000 dólares al año, hay una correlación directa entre dinero y felicidad. Por encima de esa cifra la correlación desaparece. Esto nos dice algo interesante: que en Estados Unidos la libertad para florecer –para disfrutar verdaderamente una vida de posibilidades– cuesta aproximadamente 75.000 dólares al año en dólares de 2008. Pero lo realmente importante es lo que compra el dinero.

El análisis del gasto de un estadounidense típico⁵ muestra que entre el 75 y el 80 por ciento del dinero que se gana se dedica a cubrir necesidades básicas, como agua, comida, ropa, alojamiento, atención sanitaria y educación. En la mayoría de los países en vías de desarrollo este porcentaje está por encima del 90 por ciento. Pero muchas de las tecnologías descritas en este libro tienen propiedades desmaterializadoras: cubren necesidades básicas sin que nos cuesten mucho más que una conexión a Internet. Tomemos el caso de la asistencia sanitaria. En el mundo actual, los cuidados médicos de calidad tienen que ver con el acceso. Acceso al transporte, al hospital, a las personas adecuadas –doctores, enfermeras, especialistas– y acceso de los médicos a las pruebas de laboratorio y equipos más modernos. Pero en nuestro futuro previsto, todo esto desaparece. No necesitas transporte porque el sistema es ubicuo. El acceso a la mejor asistencia médica posible significa acceder al Dr. Watson que está en la nube, y los mejores laboratorios del mundo están en tu teléfono. Y lo que es más importante, este sistema desmaterializado, unido al despliegue de los sensores desmonetizados del mañana, puede centrarse completamente en la prevención, trabajar para mantener a la gente sana.

En nuestro futuro abundante, el dólar cunde más. Al igual que el yen, el peso, el euro y demás monedas. Esto es así por la desmaterialización y desmonetización; por las curvas exponenciales de precio-rendimiento; porque cada peldaño subido en la escalera de la prosperidad ahorra tiempo; porque esas horas extras se añaden a los beneficios adicionales; porque los estrechos vínculos entre categorías

de nuestra pirámide de la abundancia producen ciclos virtuosos y un efecto dominó, y por otras mil razones. Así que tienes que preguntarte: ¿qué se necesita para dejar huella?

En realidad, no mucho. El cálculo de Daniel Kahneman se ha extendido recientemente al resto del planeta. De media, en el mundo, el punto del gráfico en el que bienestar y dinero divergen es en torno a 10.000 dólares.⁶ Esto es lo que el ciudadano global medio necesita ganar para cubrir sus necesidades básicas y conseguir un punto de partida hacia unas mayores posibilidades.

No hay duda de que la vida se ha vuelto considerablemente mejor en la parte baja durante las últimas cuatro décadas. Durante ese periodo el mundo en vías de desarrollo ha visto cómo aumentaba la esperanza de vida, descendían las tasas de mortalidad infantil, mejoraba el acceso a la información, la comunicación, la educación, crecían las posibilidades potenciales para salir de la pobreza, la asistencia sanitaria de calidad, las libertades políticas, económicas y sexuales, los derechos humanos y el ahorro de tiempo. Pero lo que nos dice esa cifra de 10.000 dólares es que en realidad hemos llegado mucho más lejos.

Hace veinte años, la mayoría de los ciudadanos estadounidenses acomodados tenían una cámara de fotos, un video, un lector de CD, un equipo musical estéreo, una consola de videojuegos, un reloj, un despertador, un conjunto de enciclopedias, un atlas mundial, una guía *Thomas* y todo un conjunto de bienes que fácilmente sumaban más de 10.000 dólares. Todo ello viene de serie hoy en día con los teléfonos inteligentes, o está disponible en la tienda app por menos de lo que cuesta un café. Es así, en nuestro mundo exponencialmente posibilitador, como pueden desaparecer rápidamente gastos por valor de 10.000 dólares, y lo que es más importante, todo esto está ocurriendo sin una gran intervención exterior. Nadie tenía la intención de poner a cero los costes de dos docenas de productos, los inventores tenían la intención de hacer móviles mejores, y el camino al adyacente posible hizo el resto.

Pero esta vez podemos eliminar algo de aleatoriedad en la ecuación. No tenemos que esperar a que la historia nos ayude, podemos ayudarnos nosotros mismos. Tenemos nuestros grandes objetivos de abundancia, sabemos qué tecnologías necesitan un desarrollo adicional y —si podemos acrecentar nuestro deseo de riesgo y utilizar el efec-

to multiplicador de los premios— sabemos cómo ir de A a B mucho más rápido que en ningún otro momento de la historia. A diferencia de épocas anteriores, no tenemos que esperar a que las grandes empresas se interesen por las soluciones, o que los gobiernos se ocupen de nuestros problemas. Podemos resolverlos por nuestra cuenta. La actual multitud de tecnofilántropos parece decidida a proporcionar el capital inicial necesario (y a menudo mucho más que eso), y los innovadores del «hazlo tú mismo» de hoy en día han demostrado ser más que capaces de hacer el trabajo. Mientras tanto, la cuarta parte de la humanidad que ha estado siempre marginada —los mil millones emergentes— finalmente ha entrado en el juego.

Y lo que es más importante, el propio juego ya no es de suma cero. Por primera vez en la historia no necesitamos resolver cómo dividir nuestro pastel en más trozos, porque ahora sabemos cómo hacer más pasteles. Todo el mundo puede ganar.

Proverbios 29:18 nos dice:⁷ «Donde no hay visión el pueblo perece». Quizá sea verdad, pero solo en parte. La abundancia es un plan, pero también una perspectiva. Esta segunda parte es clave. Uno de los argumentos más importantes a lo largo de este libro es que nuestra perspectiva modela nuestra realidad. La mejor manera de predecir el futuro es crearlo uno mismo. Así que, cuando la Biblia nos hace una advertencia, es útil recordar que lo contrario también es cierto: donde hay una visión, el pueblo florece. Lo imposible se vuelve posible, y la abundancia para todos se traduce en imaginar el paso siguiente.

El siguiente paso: únete al *HUB* de la abundancia

Una de las tareas más difíciles para acabar este libro fue decidir en qué momento dejar de incorporar los avances más recientes e importantes para nuestra historia. En las semanas y meses posteriores a terminar este manuscrito, un aluvión de nuevas tecnologías que reforzaban nuestros argumentos a favor de la abundancia siguieron apareciendo a un ritmo cada vez mayor. Pensamos que es de importancia fundamental para ti que tengas acceso a estas pruebas de la abundancia en curso. Por ello hemos creado cinco maneras diferentes para que estés conectado, interactúes con los autores y te unas a la conversación que está teniendo lugar sobre los adelantos radicales en energía, alimentos, agua, salud, educación, tecnofilantropía, innovaciones «hazlo tú mismo» y todo lo demás.

- Visita nuestra página web <http://www.AbundanceHub.com>, donde te puedes apuntar para recibir una *newsletter* gratuita y participar en cualquier iniciativa futura. En asociación con la Singularity University, continuaremos dando noticias sobre avances que nos lleven a un futuro mucho mejor.
- Te invitamos a que nos visites y participes en <http://videos.AbundanceHub.com>, donde puedes ver videos inspirados en este libro.
- Conviértete en fan de nuestra página de Facebook <http://www.AbundanceHub.com>
- Síguenos en Twitter feed @AbundanceHub para recibir las últimas noticias.

- Conviértete en miembro del equipo global que identifica los avances relacionados con la abundancia simplemente con mandar un *tweet* a la comunidad con el *hashtag* #Abundance.

Si te ha gustado saber de la Singularity University (SU) y querías participar en alguno de nuestros programas, te invitamos a que te involucres. Estudiantes licenciados y posgraduados pueden apuntarse al Programa de Estudios Graduados (GSP) de diez semanas. Otros, incluyendo ejecutivos, inversores y empresarios, pueden hacerlo a los programas ejecutivos de cuatro o siete días, que tienen lugar de manera regular en el campus de la SU en Mountain View, California. Los detalles de ambos programas están disponibles en www.SingularityU.org. O para más información, simplemente mándanos un e-mail a Abundance@SingularityU.org.

Los filántropos y ejecutivos de grandes empresas interesados en el diseño y financiación de un PREMIO X o DESAFÍO X pueden saber más en www.xprize.org. O para más información simplemente mándanos un e-mail a abundance@xprize.org.

Para saber más sobre los autores o contactar con ellos para que hablen sobre el tema de la abundancia, por favor visita www.Diamandis.com y www.StevenKotler.com.

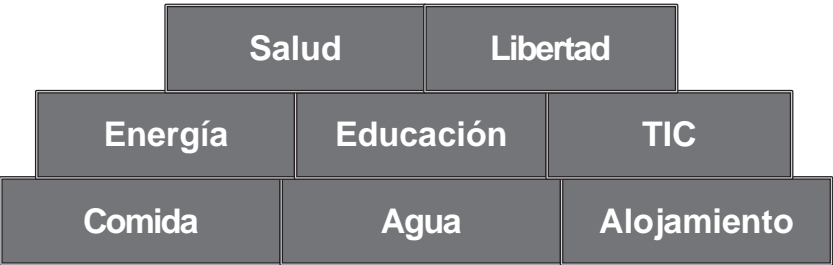
Gracias por dedicar tiempo a leer *Abundancia*. Esperamos que nuestra visión contracorriente sobre el futuro haya proporcionado un antídoto a un cierto oscuro pesimismo de hoy en día. Proporcionar abundancia es uno de los mayores desafíos de la humanidad —un desafío que juntos, con intención y acción, podemos vencer en el transcurso de nuestra vida.

Sección de referencia con datos estadísticos

Contenido

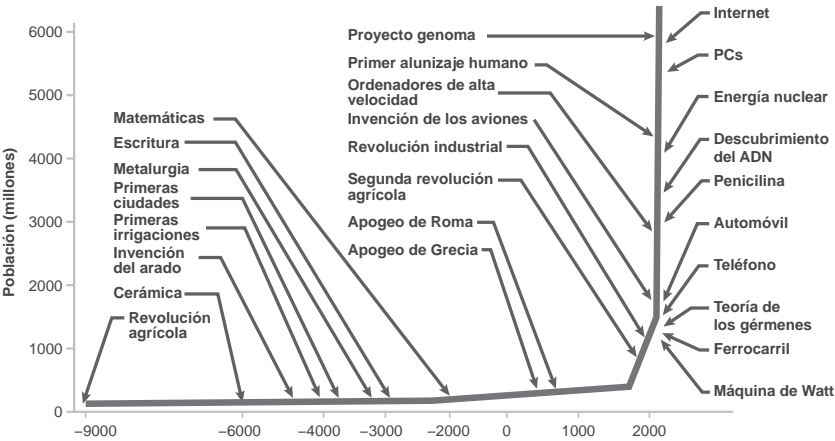
1. Agua e instalaciones sanitarias	306
2. Comida y agricultura	311
3. Salud y asistencia sanitaria	318
4. Energía	322
5. Educación	330
6. Democracia	332
7. Población y urbanización	333
8. Tecnologías de la información y las comunicaciones	340
9. Filantropía	347
10. Desmaterialización y desmonetización	349
11. Curvas exponenciales	351

1. Pirámide de la abundancia



La pirámide de la abundancia esboza los crecientes niveles de necesidades que permiten las tecnologías. Este cuadro está basado libremente en la jerarquía de necesidades de la pirámide de Maslow

2. Crecimiento de la población mundial e historia de la tecnología

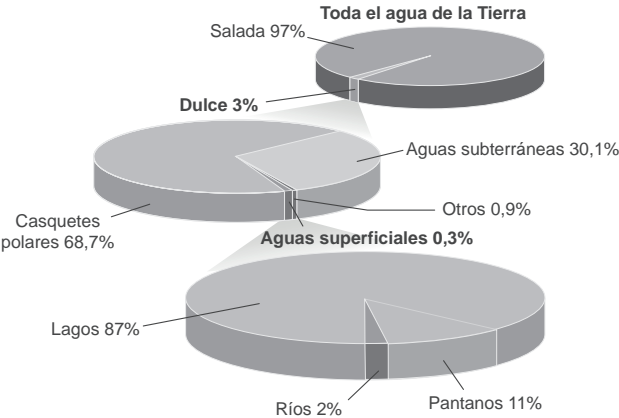


Este gráfico muestra cómo la ratio de innovación tecnológica ha aumentado drásticamente al mismo tiempo que aumentó la población mundial (Nota: los hitos tecnológicos seleccionados son subjetivos).

Fuente: Robert Fogel, Universidad de Chicago.

Agua e instalaciones sanitarias

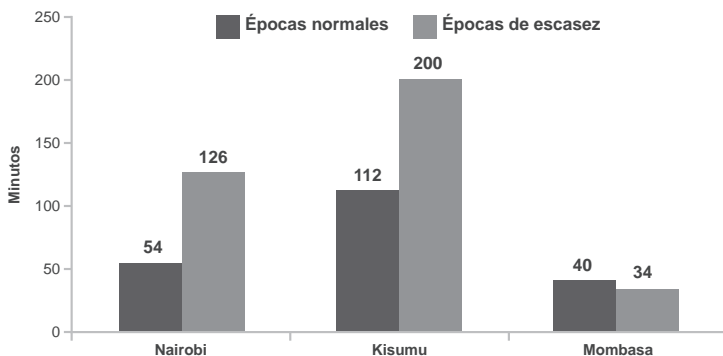
3. Distribución del agua en la Tierra



El agua dulce de la que depende la humanidad representa menos del 1 por ciento de todo el agua de la Tierra. El 97 por ciento es agua salada y el 2 por ciento está encerrada en los casquetes polares y los glaciares.

Fuente: World Fresh Water Resources a través de USGS.

4. Tiempo diario dedicado a acarrear agua de fuentes externas al hogar



Aunque en las zonas urbanas un porcentaje mayor de los hogares tienen acceso a agua de cañerías, muchos se ven obligados a depender de depósitos de venta de agua (el 15 por ciento en Nairobi; el 45 por ciento en Kisumu y Mombasa) (CRC 2009). Esta situación supone una enorme carga para los hogares, ya que buscar y traer agua consume mucho tiempo. Un hogar tipo realiza entre cuatro y seis viajes diarios para traer agua. En Nairobi, un hogar tipo dedica 54 minutos en ir al depósito en épocas normales, y más del doble (126 minutos) en épocas de escasez de agua.

Fuente: Citizen Report Card, 2007; www.twaweza.org/uploads/files/Its%20our%20water%20too_English.pdf.

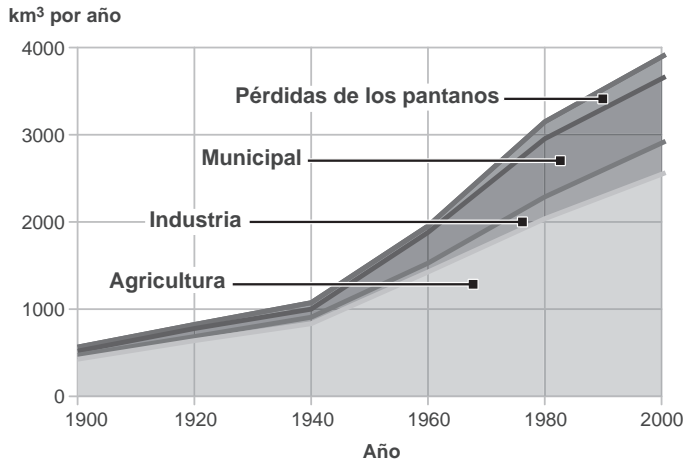
5. Precio medio de los servicios del agua en las quince mayores ciudades, por tipo de suministrador

	Conexión doméstica	Red de cañerías pequeñas	Fuentes públicas	Distribuidor doméstico	Depósito de agua	Vendedor de agua
Precio medio (Dólares por metro cúbico)	0,49	1,04	1,93	1,63	4,67	4,00
Incremento sobre la conexión doméstica (%)	100	214	336	402	1.103	811

Los servicios del agua no canalizados pueden costar del 200 al 1.100 por cien de lo que costaría una conexión doméstica (estudio de quince grandes ciudades de África).

Fuente: Keener, Luengo y Banerjee 2009; www.infraestructurafrica.org/system/files/Africa%27s%20Water%20and%20Sanitation%20Infraestructure.pdf.

6. Uso anual del agua estimado a escala mundial



Fuente: http://blogs.princeton.edu/chm333/f2006/water/2006/11/how_does_water_use_in_developing_countries_differ.html.

7. Huella virtual del agua en varios productos

Producto	Contenido virtual de agua (litros)
• 1 hoja de papel (80 g/m ²)	10
• 1 tomate (70 g)	13
• 1 patata (100 g)	25
• 1 microchip (2 g)	32
• 1 taza de té (250 ml)	35
• 1 rebanada de pan (30 g)	40
• 1 naranja (100 g)	50
• 1 manzana (100 g)	70
• 1 vaso de cerveza (250 ml)	75
• 1 rebanada de pan (30 g) con queso (10 g)	90
• 1 vaso de vino (125 ml)	120
• 1 huevo (40 g)	135
• 1 taza de café (125 ml)	140
• 1 vaso de zumo de naranja (200 ml)	170
• 1 bolsa de patatas fritas (200 g)	185
• 1 vaso de zumo de manzana (200 ml)	190
• 1 vaso de leche (200 ml)	200
• 1 camiseta de algodón (250 g)	2000
• 1 hamburguesa(150 g)	2400
• 1 par de zapatos (de piel bovina)	8000

Media global de contenido virtual de agua (en litros) para algunos productos elegidos, por unidad de producto (en 2007).

Fuente: http://www.waterfootprint.org/Reports/Hoekstra_and_Chapagain_2007.pdf.

8. Pérdidas causadas por la escasez de agua y las malas instalaciones sanitarias

Problema	Descripción
Muerte de niños	1,8 millones de niños mueren cada año a causa de la diarrea. 4.900 mueren cada día, lo que equivale a la población conjunta de menores de cinco años de Nueva York y Londres. Juntos, el agua contaminada y las malas instalaciones sanitarias son el segundo mayor asesino de niños del mundo. Las muertes por diarrea en 2004 fueron seis veces mayores que la media anual de muertes en conflictos armados en la década de los noventa.
Días de clase	La pérdida de 443 millones de días de clase cada año por enfermedades causadas por el agua.
La salud en conjunto	Cerca de la mitad de todas las personas de los países en vías de desarrollo padecen en algún momento un problema sanitario provocado por el agua y las carencias de las instalaciones sanitarias.
Tiempo perdido	Millones de mujeres que dedican varias horas al día a recoger agua.
Oportunidades perdidas	Ciclos vitales de desventajas que afectan a millones de personas, con enfermedades y oportunidades educativas perdidas en la infancia que llevan a la pobreza en la edad adulta.
Impacto económico	Las pérdidas son mayores en algunos de los países más pobres. África subsahariana pierde en torno al 5 por ciento del PIB, unos 28.400 millones de dólares al año, una cifra que supera toda el flujo de ayudas y condonación de las deudas a la región en 2003. En un aspecto crucial estos costes económicos agregados ocultan el impacto real del déficit de agua y de instalaciones sanitarias. La mayoría de las pérdidas las padecen los hogares que están por debajo del umbral de la pobreza, retrasando los esfuerzos de los pobres para buscar su salida de la pobreza.

Fuente: <http://hdr.undp.org/en/media/HDR06-complete.pdf>.

9. Uso de instalaciones sanitarias mejoradas en África y Asia, 2008



Las instalaciones sanitarias mejoradas son usadas por menos de dos terceras partes de la población mundial; 1.200 millones de personas siguen practicando la defecación al aire libre.

Fuentes: http://www.unicef.org/wash/files/JMP_report_2010.pdf y <http://is662ict4sd14.blogspot.com>.

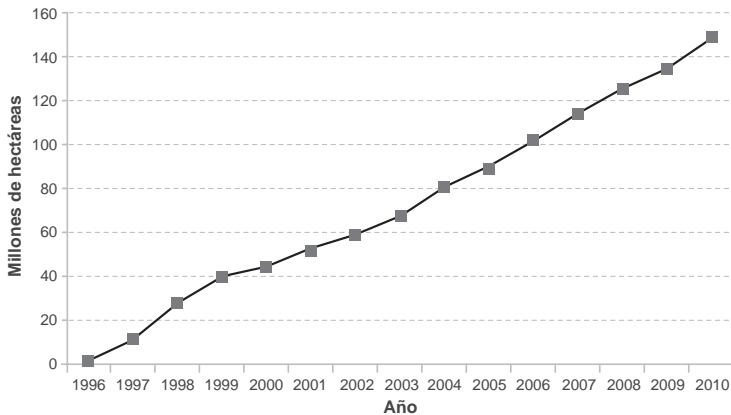
10. Cobertura de instalaciones sanitarias en África: 1990-2008

	1990	2000	2008
Población ('000)	517.681	674.693	822.436
Porcentaje de población urbana	28	33	37
Urbana			
Instalaciones sanitarias mejoradas	43	43	44
Instalaciones sanitarias compartidas	29	30	31
Instalaciones no mejoradas	17	17	17
Rural			
Instalaciones mejoradas	21	23	24
Instalaciones compartidas	10	11	13
Instalaciones no mejoradas	22	23	25
Defecación al aire libre	47	43	38
Total			
Instalaciones mejoradas	28	29	31
Instalaciones compartidas	16	18	20
Instalaciones no mejoradas	20	21	22
Defecación al aire libre	36	32	27

Fuente: <http://www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3074&alt=1>; compilación de Progress on Water and Sanitation: 2010, OMS/Unicef (2010)

Comida y agricultura

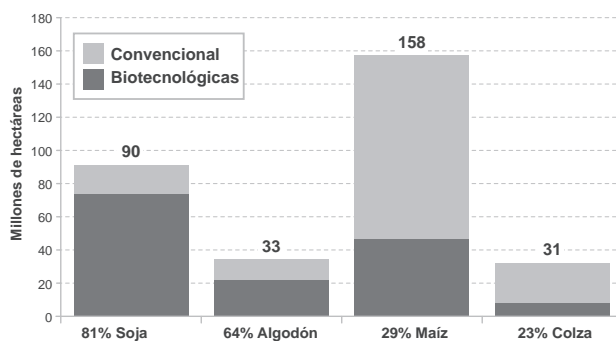
11. Superficie global de los cultivos biotecnológicos, 1996 a 2010 (millones de hectáreas)



En 2010, el valor global del mercado de los cultivos biotecnológicos era de 11.200 millones de dólares, que representaba el 22 por ciento de los 51.800 millones de dólares del mercado global de cultivos protegidos en 2010 y el 33 por ciento de los aproximadamente 34.000 millones de dólares del mercado comercial y global de semillas en 2010. De los 11.200 millones de dólares del mercado de cultivos biotecnológicos, 8.900 (el 80 por ciento) estaban en los países en vías de desarrollo. Este gráfico muestra lo consistente de la adopción y crecimiento globales.

Fuente: Clive James, 2010; <http://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/16/default.asp>.

12. Superficie de cultivos biotecnológicos como porcentaje de la superficie global de los cultivos principales, 2008 (millones de hectáreas)



El futuro de los cultivos biotecnológicos parece esperanzador. Se espera que la comercialización de maíz resistente a la sequía se produzca en 2012; la de arroz dorado en 2013, y la del arroz Bt antes del Objetivo de Desarrollo del Milenio (MDG) de 2015, lo que beneficiará potencialmente a mil millones de pobres, solo en Asia.

Fuente: <http://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/16/default.asp>.

13. Tendencias pasadas y proyectadas de consumo de carne y leche en países desarrollados y en vías de desarrollo

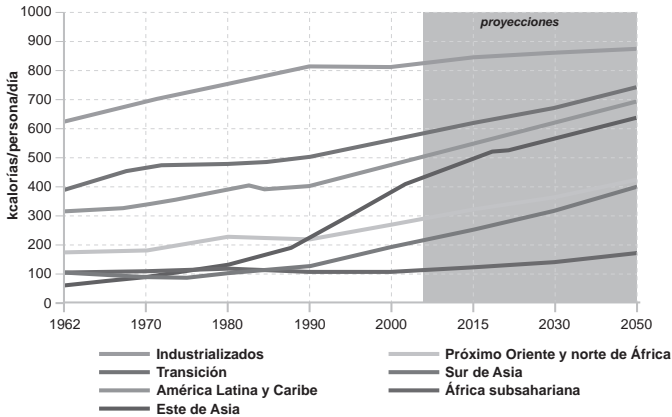
Países en vías de desarrollo					
	1980	1990	2002	2015	2030
Demanda de alimentos					
Consumo anual per cápita de carne (kg)	14	18	28	32	37
Consumo anual per cápita de leche (kg)	34	38	46	55	66
Consumo total de carne (millones de toneladas)	47	73	137	184	252
Consumo total de leche (millones de toneladas)	114	152	222	323	452

Países desarrollados					
	1980	1990	2002	2015	2030
Demanda de alimentos					
Consumo anual per cápita de carne (kg)	73	80	78	83	89
Consumo anual per cápita de leche (kg)	195	200	202	203	209
Consumo total de carne (millones de toneladas)	86	100	102	112	121
Consumo total de leche (millones de toneladas)	228	251	265	273	284

Hay una demanda creciente tanto de carne como de leche en los países desarrollados y en los en vías de desarrollo.

Fuente: FAO 2006, "Livestock's Long Shadows: Environmental Issues and Options"; <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>.

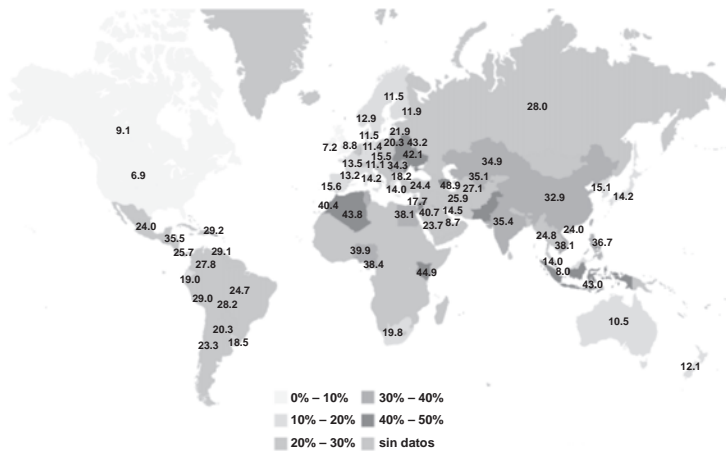
14. Consumo pasado y proyectado de productos ganaderos (1960-2050)



Hay una creciente demanda de productos ganaderos en el mundo.

Fuente: FAO 2006, “Livestock’s Long Shadows: Environmental Issues and Options”; <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>.

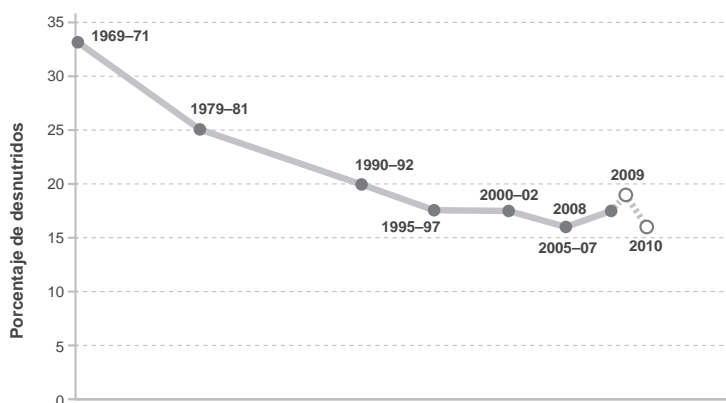
15. Gasto alimentario de los hogares en el mundo



Menos del 7 por ciento del dinero que gastan los estadounidenses está destinado a los alimentos, el menor porcentaje de cualquier país. Cada número del mapa representa un país y el porcentaje de lo gastado en comida por los habitantes de dicho país.

Fuentes: <http://civileats.com/2011/03/29/mapping-global-food-spending-infographic/data>, http://www.ers.usda.gov/briefing/cpifoodandexpenditures/Data/Table_97/2009table97.htm.

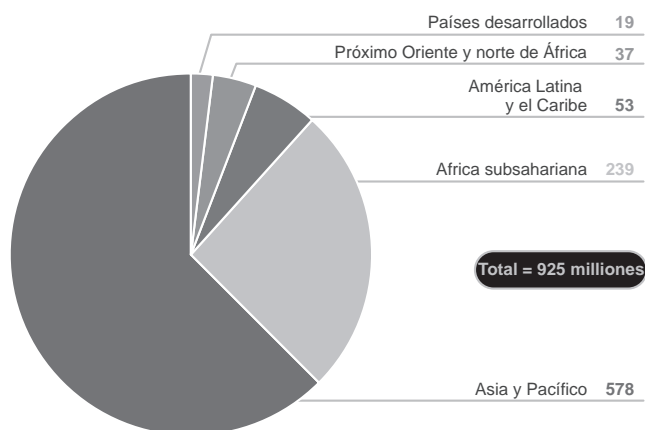
16. Proporción de personas desnutridas en el mundo en vías de desarrollo, 1969-2010



El porcentaje del desnutridos en el mundo en vías de desarrollo ha descendido más de un 50 por ciento desde 1969.

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/013/i1683e/i1683e00.htm>.

17. Desnutridos en el mundo hoy en día, por regiones



Hay 925 millones de desnutridos en el mundo actualmente. Esto significa que un de cada siete de nosotros no consigue suficiente comida para llevar una vida saludable y activa.

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/012/al390e/al390e00.pdf> <http://www.wfp.org/hunger>.

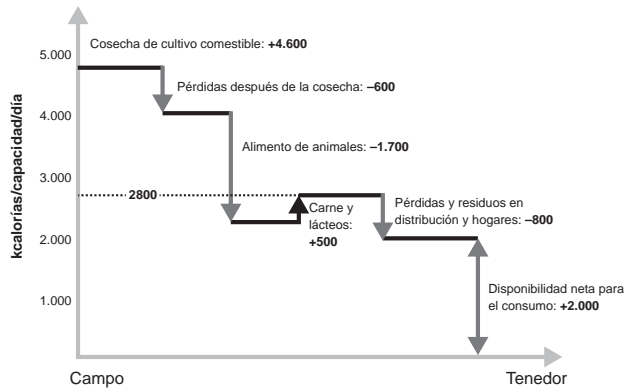
18. Carga regional y global de los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con la nutrición

Población/Factor de riesgo	África	América	Mediterráneo Este	Europa (miles)	Sureste asiático	Pacífico occidental	Mundo
Población total	639.593	827.345	481.635	873.625	1.535.625	1.687.287	6.045.017
Enfermedades infantiles y relacionadas con la desnutrición materna (AVAD como porcentaje de la población regional y mundial)							
Por debajo del peso normal	9,82	0,24	3,58	0,09	3,06	0,48	2,28
Deficiencia de hierro	1,59	0,21	0,77	0,12	0,91	0,26	0,58
Deficiencia de vitamina A	2,57	0,04	0,61	0	0,42	0,03	0,44
Deficiencia de cinc	2,15	0,06	0,67	0,01	0,35	0,03	0,46
Malaria							0,74
VIH/SIDA							1,49
Infecciones respiratorias							1,67
Deficiencia de yodo							0,04
Sarampión							0,4
Diarrea							1,19
Otros riesgos relacionados con la nutrición							
Presión arterial alta	0,69	0,78	1,02	2,22	0,98	0,83	1,06
Colesterol alto	0,31	0,55	0,67	1,51	0,8	0,31	0,67
IMC alto	0,23	0,89	0,6	1,35	0,27	0,35	0,55
Baja ingesta de frutas y verduras	0,24	0,36	0,34	0,76	0,57	0,3	0,44
Diabetes							0,25

El cuadro muestra la carga estimada de enfermedades por cada factor de riesgo. Estos riesgos actúan por su cuenta y junto a otros. En consecuencia, la carga debida a grupos de factores de riesgo normalmente será menor que la suma de los riesgos individuales. Los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) es una medida de la carga de la enfermedad. Refleja la cantidad total de vida saludable perdida por todas las causas.

Fuente: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.277.aspx.pdf>; adaptado de Ezzati et al. 2002; Ollila n.d.; y OMS 2002a.

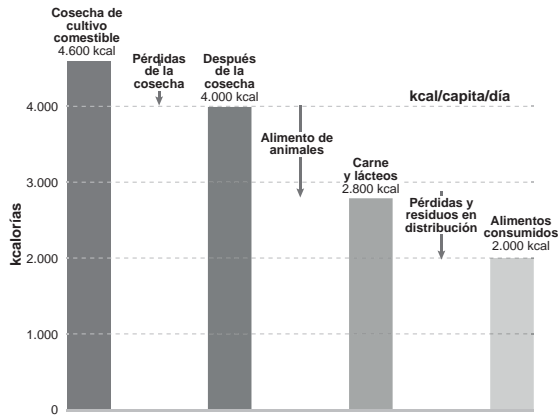
19. Pérdida de energía en la comida (del campo al tenedor)



Un resumen esquemático de la cantidad de comida producida globalmente en el nivel del campo y una estimación de las pérdidas, conversiones y residuos de la cadena alimentaria. Estas son parte de las razones para crear granjas verticales.

Fuente: “From Field to Fork: Curbing Losses and Wastage in the Food Chain”, Instituto Internacional del Agua de Estocolmo; http://www.siwi.org/documents/Resources/Papers/Paper_13_Field_to_Fork.pdf.

20. Pérdida de energía en la comida (de la cosecha al hogar)



Pérdidas en la cadena alimentaria desde el campo al consumo en el hogar. Más del 50 por ciento de las kilocalorías (energía) de los alimentos cosechados en los campos se pierde para cuando llega a tu mesa. Estas son parte de las razones para la creación de granjas verticales.

Fuente: <http://maps.grida.no/go/graphic/losses-in-the-food-chain-from-field-to-household-consumption>.

21. Cultivos verticales

PANELES SOLARES

La energía es suministrada por un panel solar rotatorio que sigue al sol; proporciona frío/calor al interior.

PANELES DE CRISTAL

Una capa transparente de óxido de titanio atrapa los contaminantes y hace que la lluvia resbale por los cristales, donde se recoge y se utiliza para regar.

ARQUITECTURA

El diseño circular permite la llegada del máximo de luz al centro.

ECONOMÍA

El plan combina el cultivo con las oficinas y los pisos residenciales.

IRRIGACIÓN

Los residuos de agua filtrada y esterilizada del sistema de alcantarillado puede ser utilizados para regar.

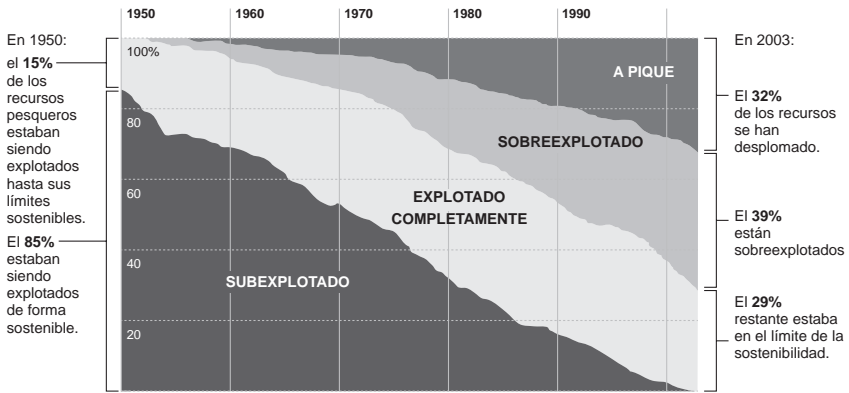
©2008 MCT



Aunque esta imagen solo representa algunas tecnologías de cultivo vertical potenciales, explora la integración del sistema en entornos urbanos.

Fuente: Vertical Farm Project; <http://www.the-edison-lightbulb.com/2011/03/09/vertical-farms-the-21st-century-agricultural-revolution>.

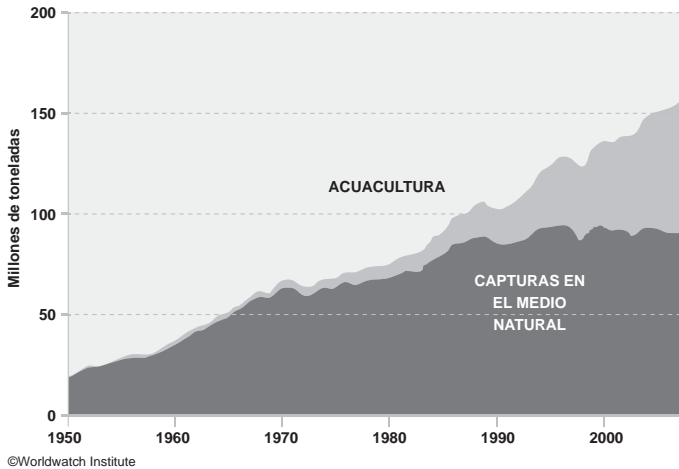
22. Pruebas de la sobrepesca (1950-2003)



La situación de las zonas pesqueras mundiales se ha reducido drásticamente por culpa de la sobrepesca. Las áreas actuales están en el punto crítico.

Fuente: <http://simondonner.blogspot.co/2008/11/farming-oceans.html>.

23. Crecimiento de la acuicultura pesquera frente a las capturas en el medio natural, 1950-2008

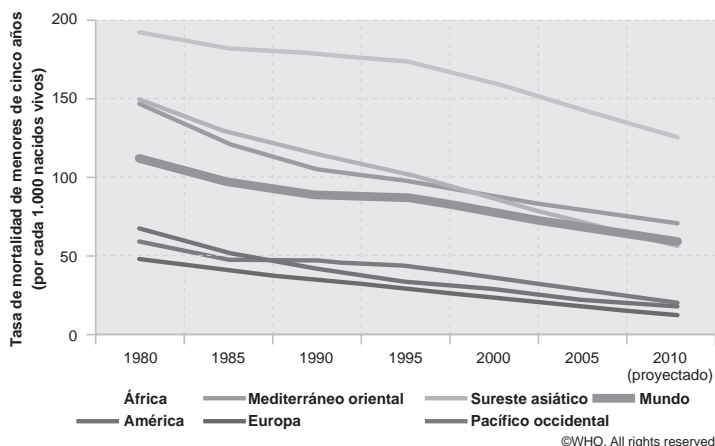


El crecimiento de la acuicultura pesquera entre 1950 y 2008 ha ayudado a compensar la aniquilación de nuestras pesquerías naturales.

Fuente: FAO; <http://peakwatchtypepad.com/.a/6a00d83452403c69e201538f2305b2970b-pi>.

Salud y asistencia sanitaria

24. Proyección de la tasa de mortalidad de menores de cinco años (por cada 1.000 nacidos vivos). Globalmente y por regiones de la OMS, 1980-2010



Nótese que las mejoras en el cuidado de la salud han hecho descender las tasas de mortalidad de la primera infancia (menos de cinco años) en casi un 50 por ciento en muchas de las regiones del mundo.

Fuente: http://www.who.int/gho/child_health/mortality/mortality_under_five/en/index.html.

25. Causa de la muerte de los niños menores de cinco años

Distribución global de muertes entre los niños menores de cinco años		
	% de distribución de muertes de menores de cinco años (2000-03)	Número total de muertes de menores de cinco años (2006)
Causas neonatales	37	3.600,000
Neumonía	19	1.800,000
Enfermedades diarreicas	17	1.600,000
Otras	10	970,000
Malaria	8	780,000
SIDA	3	290,000
Sarampión	4	390,000
Heridas	3	290,000
Total	100	9.700.000

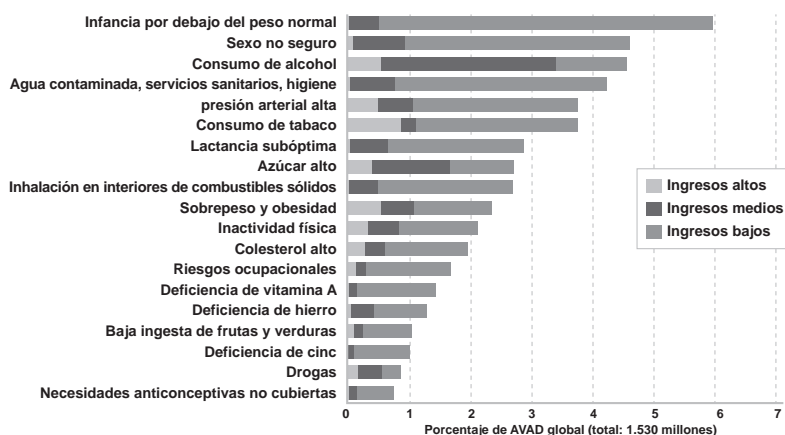
a). Adviértase que los totales no son la suma de las partidas a causa del redondeo.

b). Las causas neonatales se refieren e muertes en los primeros veintiocho días de vida, que incluyen partos prematuros, infecciones graves, asfixia en el nacimiento, anomalías congénitas, tétanos neonatal, enfermedades diarreicas y otras causas neonatales.

Las causas neonatales se refieren a muertes en los primeros 28 días de vida. Incluyen: partos prematuros, infecciones severas, asfixia en el nacimiento, anomalías congénitas, tétanos neonatal y enfermedades diarreicas. Muchas de estas enfermedades se pueden prevenir con tecnologías modernas de cuidado de la salud.

Fuente: http://www.unicef.org/media/files/Under_five_deaths_by_cause_2006_estimates3.doc. El 53% de la Organización Mundial de la Salud, *The World Health Report 2005: Make Every Mother and Child Count*, OMS, Ginebra, 2005.

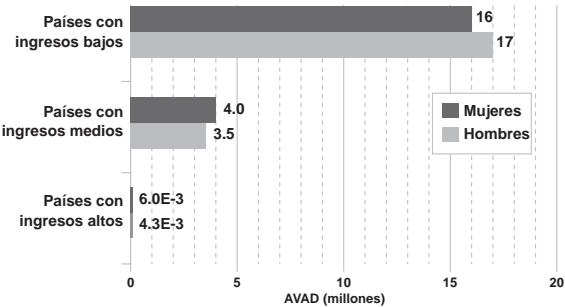
26. Porcentaje de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) por nivel de ingresos (2004)



Según este cuadro, las siguientes categorías –infancia por debajo del peso normal, sexo no seguro, agua contaminada, lactancia subóptima, inhalación en interiores, deficiencia de vitamina A, de hierro y de cinc, y necesidades anticonceptivas no cubiertas– están todas ellas causadas por la pobreza. Son áreas fundamentales para la mejora a corto plazo.

Fuente: OMS, 2009. Riesgos de la salud globales.

27. Salud y polución interior



Este cuadro muestra la carga de la enfermedad debida a la polución del aire en interiores por nivel de desarrollo. En 2004, la polución del aire interior procedente del uso de combustibles sólidos fue responsable de casi dos millones de muertes y el 2,7 por ciento de la carga global de las enfermedades (en años de vida ajustados por discapacidad o AVAD). Esto lo convierte en el segundo mayor contribuyente a la mala salud. Las infecciones respiratorias agudas bajas, especialmente la neumonía, siguen siendo el mayor responsable de la muerte de niños jóvenes, provocando más de 2 millones de muertes al año.

Fuente: http://www.who.int/indoorair/health_impacts/burden_global/en.

28. Salud y enfermedades relacionadas con el agua (1999)

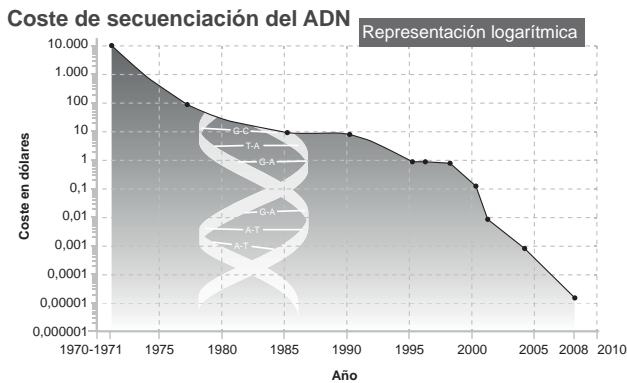
Enfermedad	Muertes ^a	AVAD ^a
Esquitosomiasis	14	1.932
Tracoma	0	1.239
Ascariasis	3	505
Tricuriasis	2	481
Necatoriasis	7	1.699
Total	26	5.856

^ax 1.000.

Para el año 1999, carga mundial de las enfermedades provocadas por enfermedades relacionadas con el agua que no sea a diarrea infecciosa (cifras x 1.000). Los suministros de agua potable, los servicios sanitarios y la buena gestión del agua son fundamentales para la salud global. Casi una décima parte de la carga global de enfermedades podrían prevenirse mediante: (i) acceso creciente al agua potable; (ii) mejora de los servicios sanitarios y la higiene, y (iii) mejora de la gestión del agua para reducir los riesgos de las enfermedades infecciosas que se transmiten por el agua. Anualmente, más agua potable podría prevenir 1,4 millones de muertes de niños por diarrea, 500.000 por la malaria y 860.000 por malnutrición. Además, cinco millones de personas pueden ser protegidos de una incapacidad grave por culpa de filariasis linfática y otros cinco millones por tracoma.

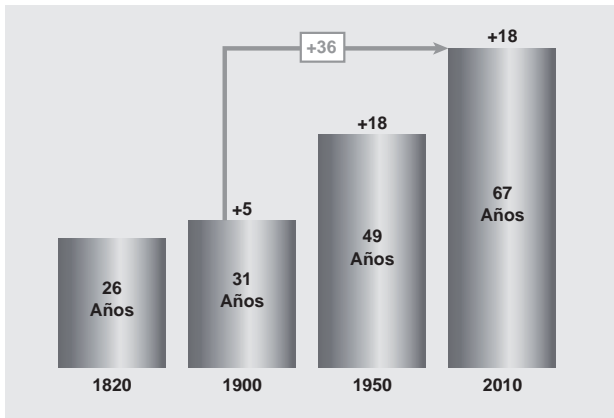
Fuentes: <http://ehp.niehs.nih.gov/realfiles/members/2002/110p537-542pruss/pruss-full.html>; <http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html>.

29. Descenso exponencial en los costes de secuenciación del ADN



Fuente: Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

30. Crecimiento de la esperanza de vida a escala mundial

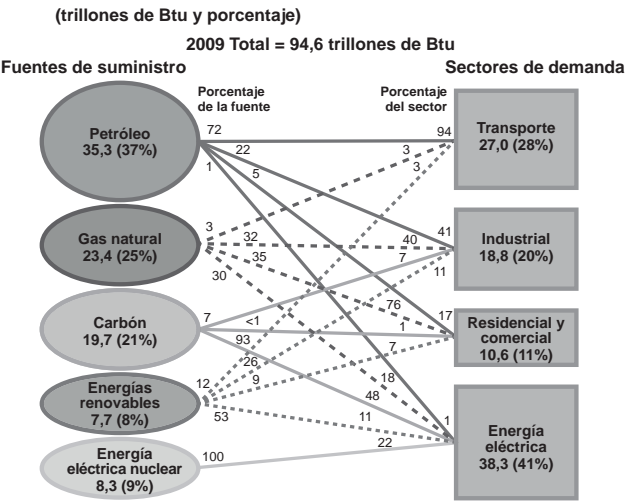


Aumento global de la esperanza de vida media durante los últimos ciento noventa años.

Fuente: Programa de Desarrollo de Naciones Unidas.

Energía

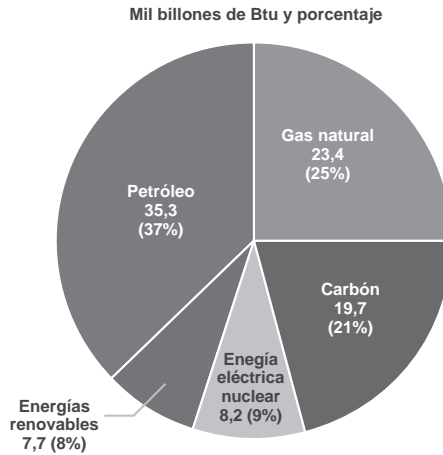
31. Fuentes y demanda (usos) de energía en Estados Unidos (2009)



Este gráfico muestra la compleja red de fuentes de energía y usos en Estados Unidos (en 2009). Los números sobre las líneas indican porcentajes.

Fuente: http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pecss_diagram2.cfm.

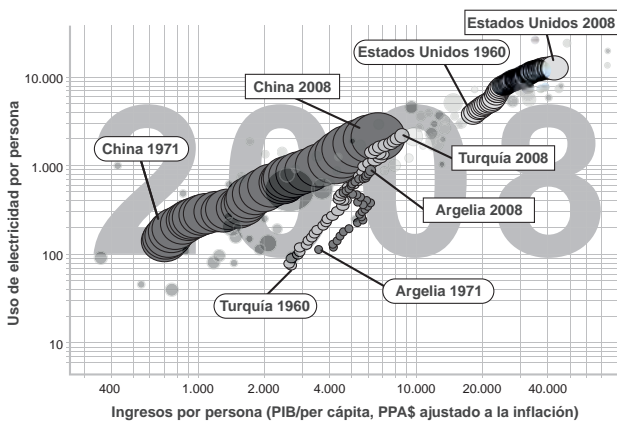
32. Fuentes de energía de Estados Unidos, 2009



Este gráfico circular indica las fuentes de energía de Estados Unidos en 2009. La primera cifra es mil billones de Btu y la segunda es el porcentaje.

Fuente: http://www.eia.gov/energy_in_brief/major_energy_sources_and_users.cfm.

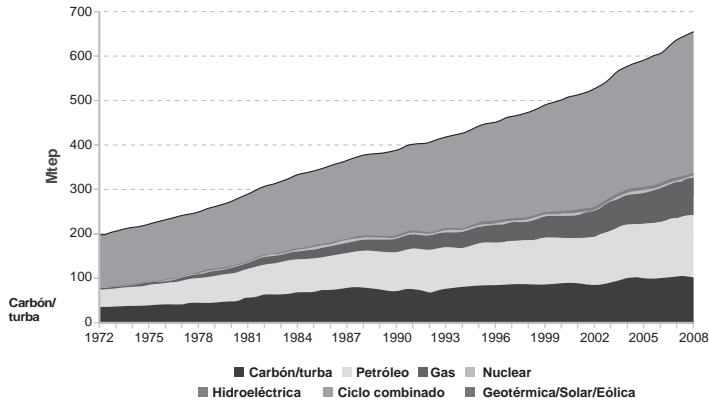
33. PIB per cápita frente a consumo de energía (cada círculo representa a un país)



La tendencia es muy clara: cuanto más rico se vuelve un país (PIB per cápita) más energía consume (kWh per cápita). Este cuadro de Gapminder muestra el progreso de un país entre 1960 y 2008 (los datos de China y Argelia solo estaban disponibles a partir de 1971). El tamaño del círculo representa la población. Los cuatro países elegidos solo por cuestiones de representación.

Fuente: http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_231.shtml.

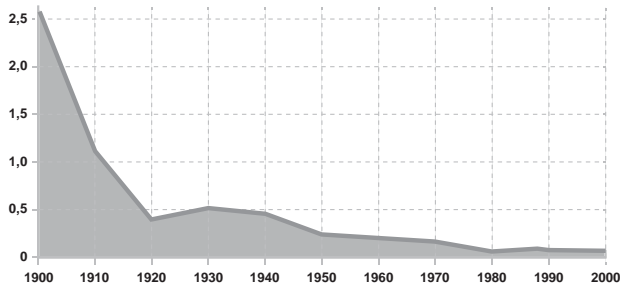
34. Fuentes primarias de energía en África (2008)



El suministro primario de energía medido en millones de toneladas equivalente de petróleo (Mtep) desglosado por fuente.

Fuente: http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/11TPES.pdf.

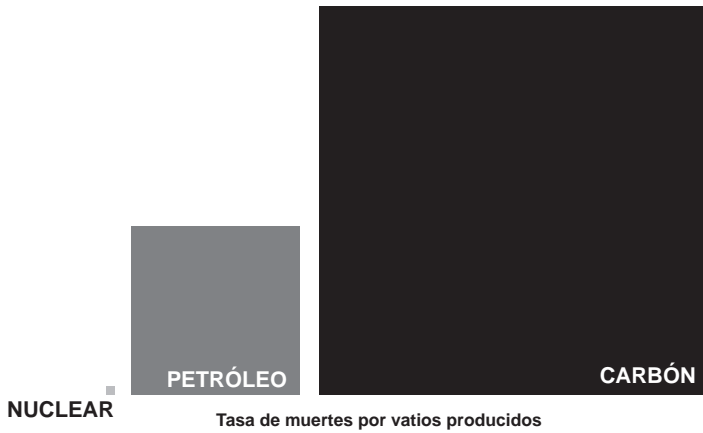
35. Precio medio de la electricidad en Estados Unidos a lo largo del tiempo (dólares por kWh a precios de 1990)



Durante los últimos cien años ha habido un descenso constante del coste de la electricidad (dólares por kWh) .

Fuente: Conferencia TED de Bill Gates, 2010.

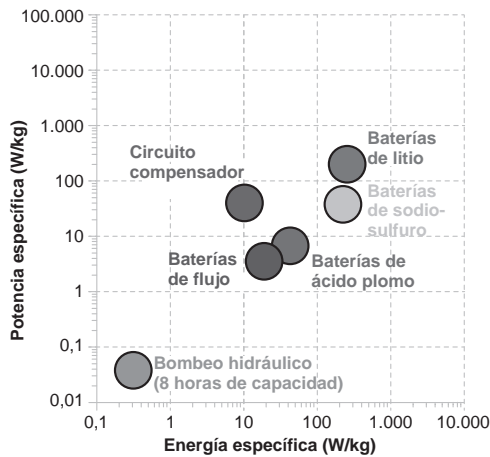
36. Muertes por TWh por fuente de generación de energía



Nótese el pequeño punto llamado Nuclear a la izquierda del todo. Por cada persona que muere por la generación de energía nuclear lo hacen 4.000 por culpa del carbón.

Fuentes: Seth Godin en http://sethgodin.typepad.com/seths_blog/2011/03/the-triumph-of-coal-marketing.htm. Usando los datos de Brian Wang: <http://nextbigfuture.com/2011/03/deaths-per-twh-by-energy-source.html>.

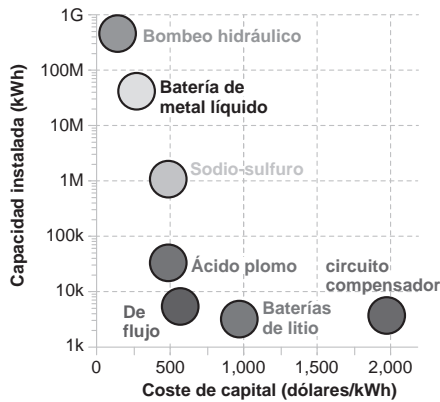
37. Almacenamiento de energía: potencia específica frente a energía específica



El gráfico muestra la potencia específica relativa (cantidad de corriente que puede suministrar la batería versus la energía específica (energía por unidad de masa)).

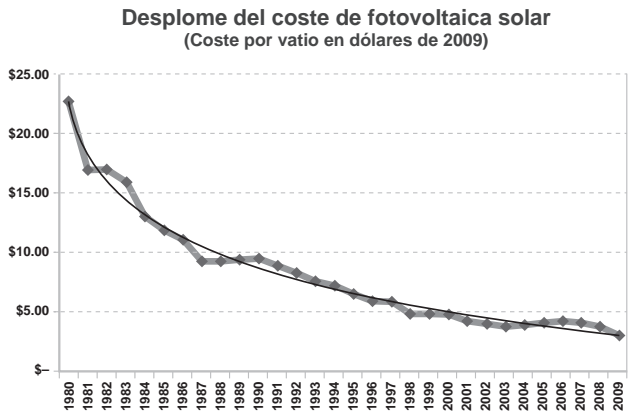
Fuente: Profesor Don Sadoway, MIT, LMBC.

38. Capacidad instalada frente a costes de capital



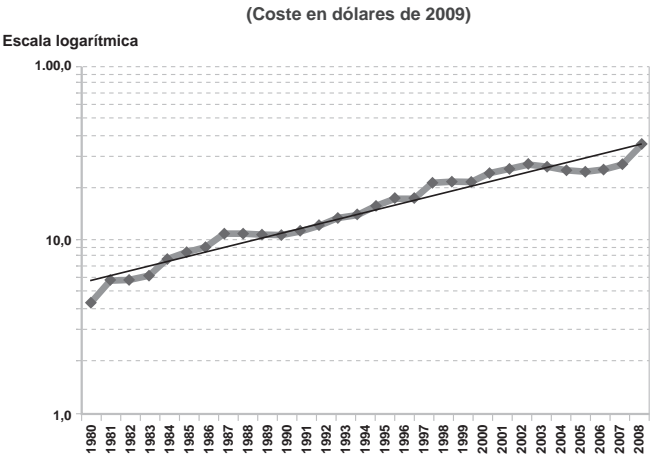
Este gráfico muestra los diversos métodos de almacenamiento de energía plasma- dos en un gráfico de Capacidad instalada frente a coste de capital. Según el profesor Sadoway, los parámetros básicos que se requieren para el almacenamiento a escala son: coste (<150 dólares/kWh); duración (> 10 años) y eficiencia energética (>80%) –todos los cuales se pueden conseguir con baterías de metal líquido. **Fuente:** Profesor Don Sadoway, MIT, LMBC.

39. Coste por vatio de fotovoltaicas solar(1980-2009)



El coste de las células fotovoltaicas solares ha disminuido de manera exponencial **Fuente:** DOE NREL Solar Technologies Market Report, Enero de 2010. Ramez Naam, “The Exponential Gains in Solar Power per Dollar”, <http://unbridledspeculation.com/2011/03/17/the-exponential-gains-in-solar-power-per-dollar>.

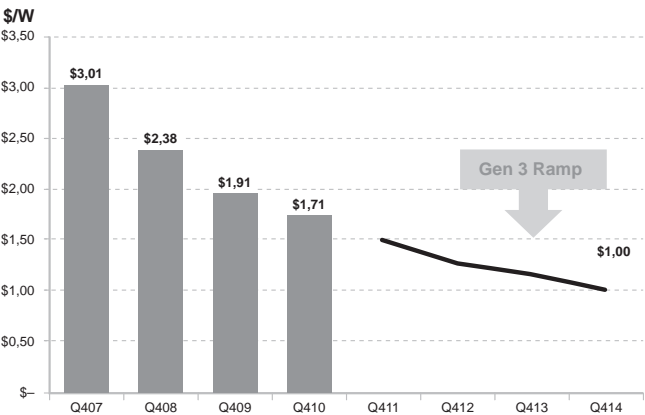
40. Vatios producidos por 100 dólares constantes (1980-2010)



La eficiencia de la fotovoltaica (vatios producidos por 100 dólares constantes) se ha incrementado de manera exponencial. Nótese que el eje Y está en escala logarítmica.

Fuentes: DOE NREL Solar Technologies Market Report, Enero de 2010. Ramez Naam, “The Exponential Gains in Solar Power per Dollar”, <http://unbridled-speculation.com/2011/03/17/the-exponential-gains-in-solar-power-per-dollar>

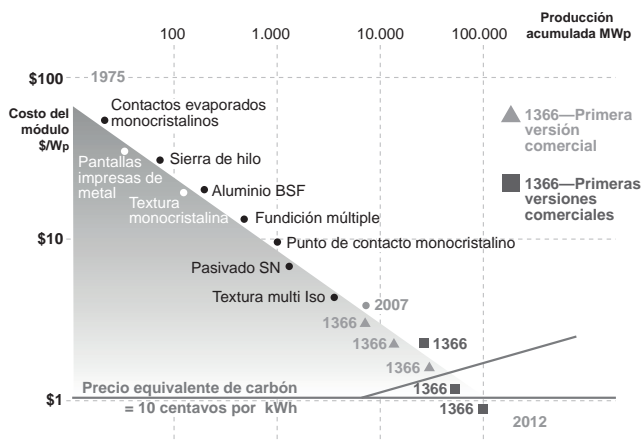
41. Hoja de ruta de la reducción de costes de la fotovoltaica (2007-2014)



El descenso continuado y proyectado en el coste por vatio (\$/W) de los paneles fotovoltaicos, según la SunPower Corporation, uno de los mayores fabricantes de células fotovoltaicas.

Fuente: © SunPower Corporation.

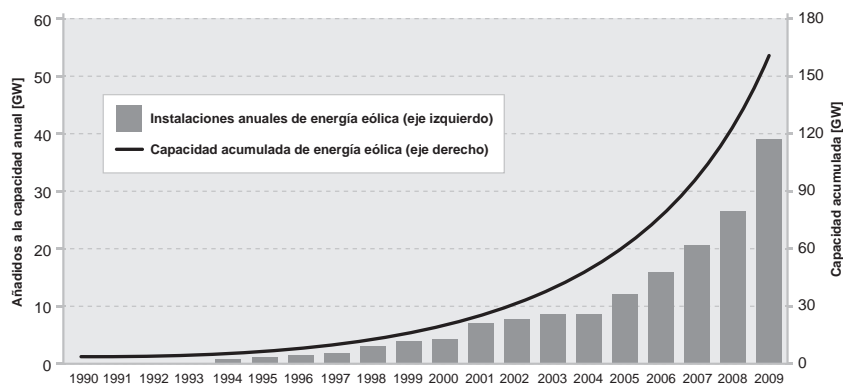
42. Curva de variación de costes de la energía solar



El coste decreciente de la energía solar y el incremento correspondiente en la producción acumulada es básicamente una representación gráfica de la curva de variación de costes de la industria.

Fuente: Presentación de Frank van Mierlo, consejero delegado, y Ely Sachs, director de tecnologías de la información, de 1366 Technologies. Los datos son de Greg Nemet, de la Universidad de California en Berkeley.

43. Capacidad global anual de la energía eólica frente a tiempo



Este gráfico muestra los añadidos y el acumulado de la capacidad global anual de la energía eólica. A pesar de estas tendencias, la energía eólica sigue siendo una fracción relativamente pequeña del suministro eléctrico mundial. La capacidad eólica total instalada a finales de 2009 solo cubriría, en un año medio, aproximadamente el 1,8 por ciento de la demanda eléctrica mundial.

Fuente: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN). http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch07.

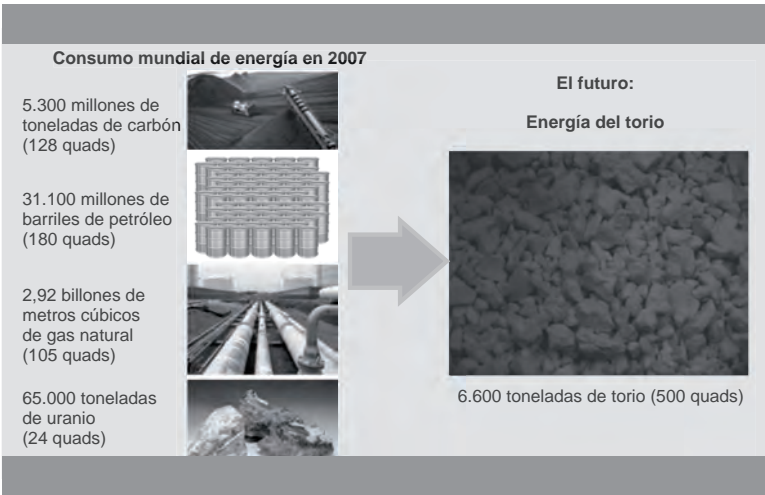
44. Máxima potencia contenida en las fuentes renovables

Fuente de energía	Potencia máxima	Porcentaje de energía solar
Solar	85.000 TW	100,000
Térmica oceánica	100 TW	0,120
Eólica	72 TW	0,080
Geotérmica	32 TW	0,380
Hidroeléctrica fluvial	7 TW	0,008
Biomasa	6 TW	0,008
Maremotriz	3 TW	0,003
Undimotriz	3 TW	0,003

No hay ninguna renovable que aumente su escala como la solar. Tiene casi 850 veces el potencial de la termal oceánica, el siguiente en la lista.

Fuente: Derek Abbott, profesor, IEEE, «Keeping the Energy Debate Clean: How Do We Supply the World’s Energy Needs?» *Proceedings of the IEEE* 98, nº 1 (enero de 2010).

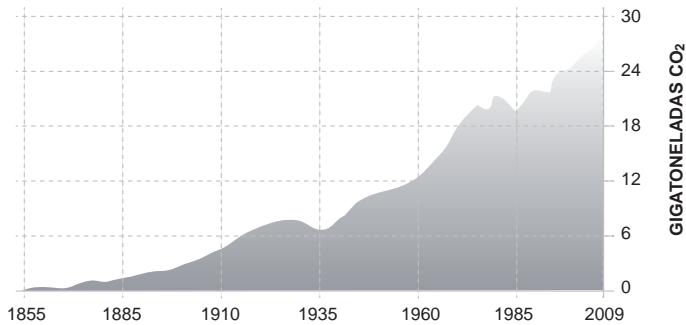
45. Consumo mundial de energía, 2007



En 2007 solo 6.600 toneladas de torio podrían haber suministrado toda la energía del mundo.

Fuente: Bill Gates, Conferencia TED, 2010.

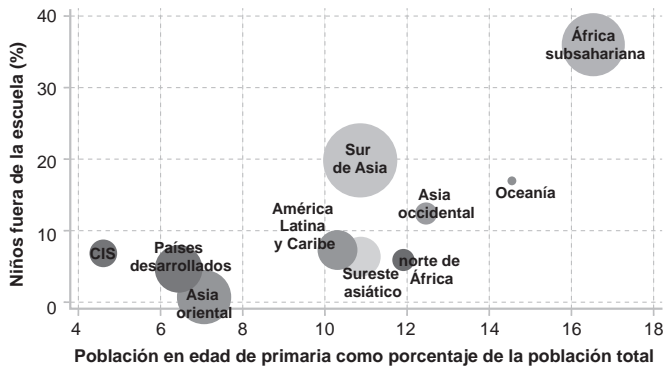
46. Emisiones globales de carbono para la producción de energía



El crecimiento global de emisiones de CO² durante los últimos ciento cincuenta años.
Fuente: Bill Gates, Conferencia TED, 2010.

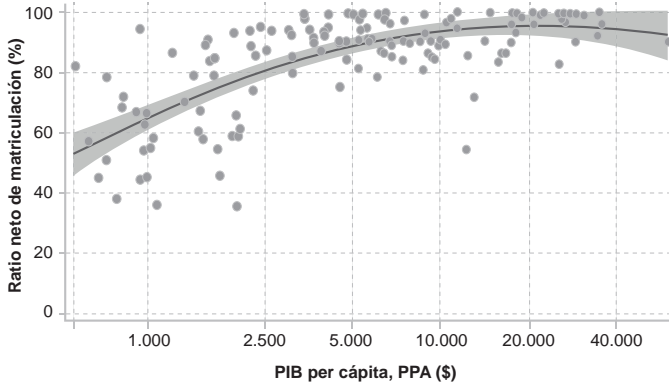
Educación

47. Población de niños en edad de primaria y niños fuera de la escuela por regiones de los Objetivos de Desarrollo del Milenio(2007)



El vínculo entre la estructura de población y el número de niños fuera de la escuela se muestra aquí. El África subsahariana es la región con el mayor porcentaje de niños fuera de a escuela. Al mismo tiempo, la población de la mayoría de los países en esa zona está aumentando y los niños en edad de hacer primaria representan un porcentaje grande y creciente de la población. El porcentaje de niños en edad de primaria respecto al total de la población de una región se representa en el eje de ordenadas y el porcentaje de niños fuera de la escuela en el eje de abscisas.
Fuente: Estructura de la población y niños fuera de la escuela. <http://huebler.blogspot.com/2009/02/coos.html>.

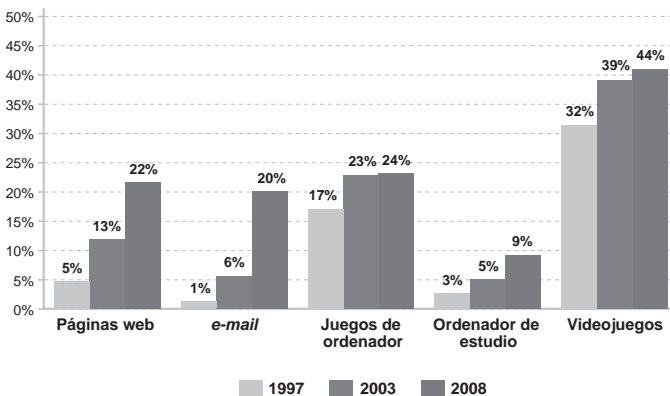
48. Tasa neta de matriculación en la escuela primaria y PIB per cápita (2002)



La relación entre pobreza y educación es marcada. La mayoría de los países con un PIB per cápita de 2.500 dólares o menos tienen tasas de matriculación netas por debajo del 80 por ciento. Casi todos los países por encima de ese nivel de PIB tienen valores de más del 80 por ciento.

Fuente: <http://huebler.blogspot.com/2005/09/national-wealth-and-school-enrollment.html>.

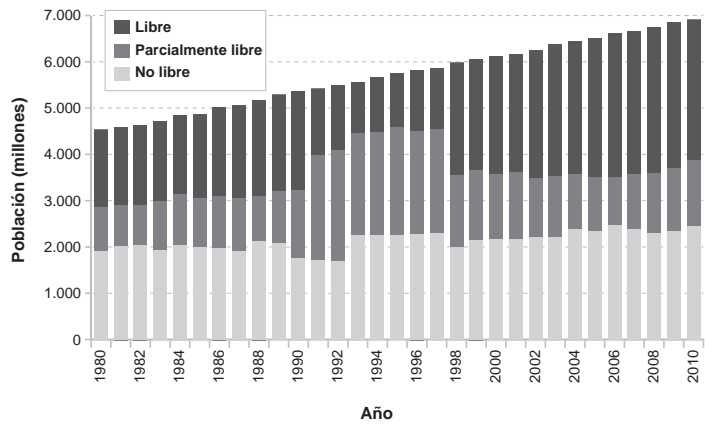
49. Uso de la tecnología en niños de diez a doce años



Fuente: <http://newsdesk.umd.edu/bigissues/release.cfm?ArticleID=2229>; www.popcenter.umd.edu.

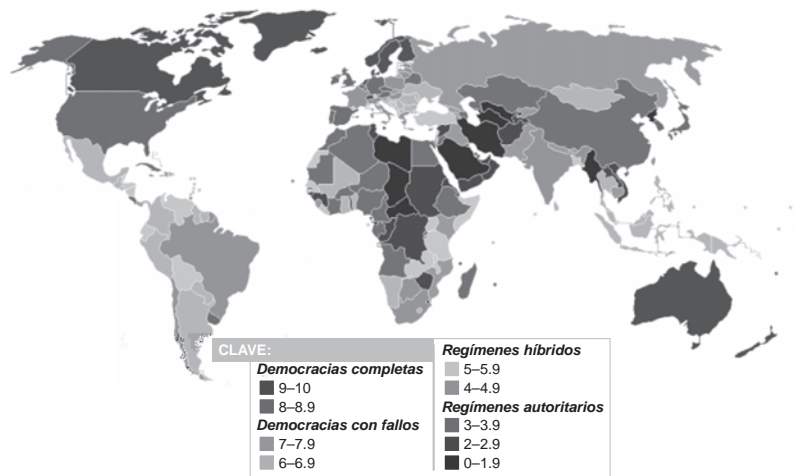
Democracia

50. Libertad en el mundo. Tendencias de población



Fuente: <http://freedomhouse.org/images/File/fw/historical/Population-TrendsFIW1980-2011.pdf>.

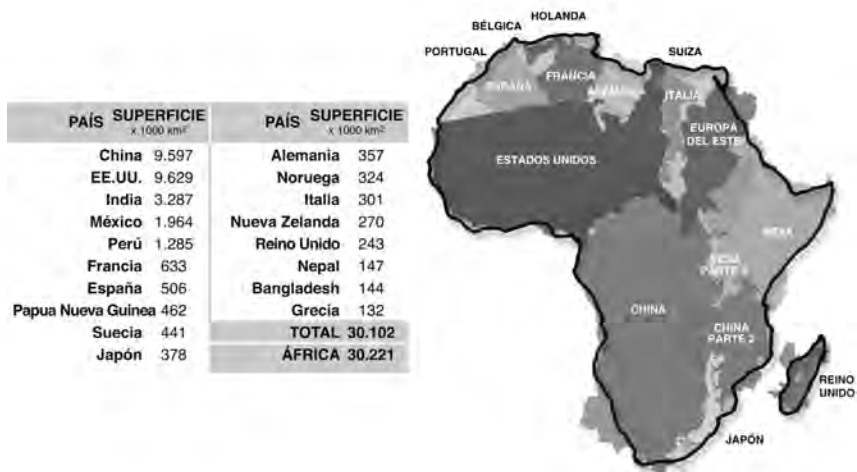
51. El índice de democracia (2010)



Fuente: *Economist* a través de http://en.wikipedia.org/wiki/File:Democracy_Index_2010_green_and_red.svg.

Población y urbanización

52. El verdadero tamaño de África



Disposición gráfica solo para visualización (algunos países están cortados y girados), pero las conclusiones son muy precisas: véase el cuadro de la izquierda para los datos precisos.

Además de las cuestiones sociales bien conocidas del *analfabetismo* y la *incompetencia matemática*, también debería haber un concepto como *analmapismo*, que significara un *conocimiento geográfico insuficiente*.

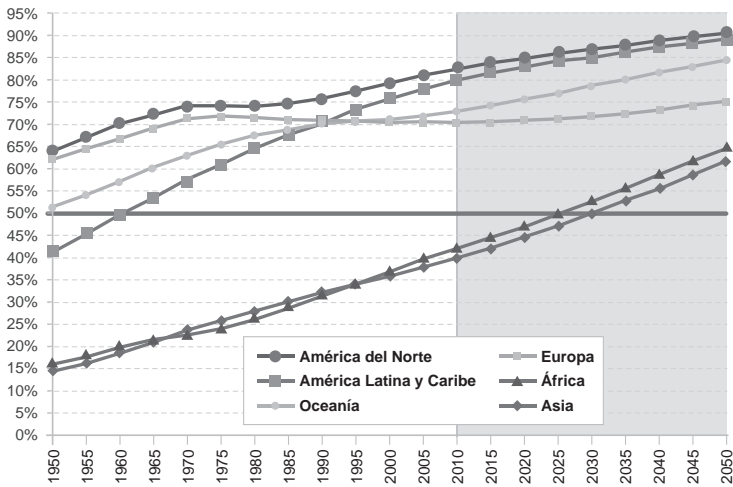
Un sondeo aleatorio con niños estadounidenses en edad escolar les permitía adivinar la población y superficie de su país. Aunque no totalmente inesperado, pero sí bastante inquietante, la mayoría optó por *1.000-2.000 millones y el mayor del mundo*, respectivamente.

Incluso con estudiantes universitarios de Asia y Europa las estimaciones estaban equivocadas por factores de 2 y 3. En parte esto se debe a la naturaleza distorsionadora de las proyecciones cartográficas utilizadas predominantemente (como *Mercator*).

Un ejemplo especialmente extremo es la apreciación errónea del verdadero tamaño de África. Esta imagen trata de plasmar la escala enorme, que es mayor que *Estados Unidos, China, India, Japón y toda Europa ¡juntos!*

Fuente: Kai Krause, Creative Commons.

53. Perspectivas de la urbanización mundial (2009)

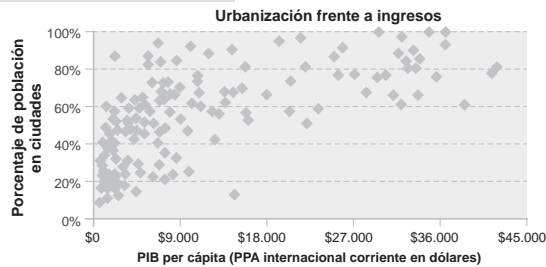


En 2050, el 70 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades.

Fuente: http://esa.un.org/unpd/wup/Fig_1.htm.

54. Comparación de estadísticas de población urbana-rural (2003-2007) para India, Vietnam y Tanzania

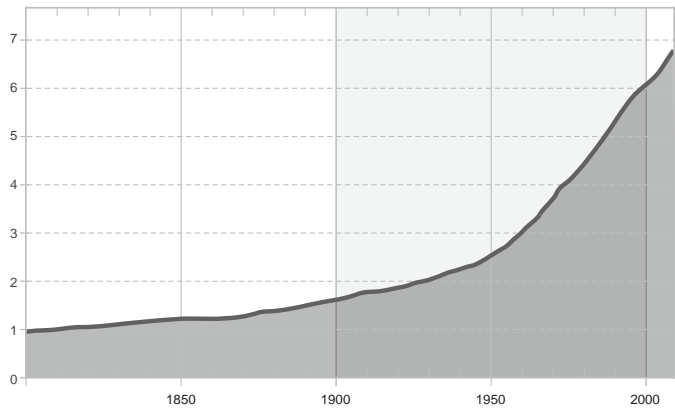
	INDIA		VIETNAM		TANZANIA	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Mortalidad de menores de cinco años (por 1.000 nacidos vivos)	52	82	108	138	16	36
Acceso a servicios sanitarios adecuados (porcentaje de hogares)	77	23	53	43	92	50
Años medios de escolarización (hombres)	8	4	6	3	9	6
Acceso a la electricidad (porcentaje de hogares)	93	56	38	1	99	87



En la mayoría de países a los habitantes de las ciudades les va mejor que a sus homólogos del campo. Más países urbanizados del mundo desarrollado disfrutan de un ingreso per cápita mayor. Dentro de muchos países en vías de desarrollo, los habitantes de las ciudades tienen más acceso a los servicios básicos de salud y educación.

Fuente: <http://earthtrends.wri.org/updates/node/287>; Naciones Unidas (población) y Banco Mundial (PIB).

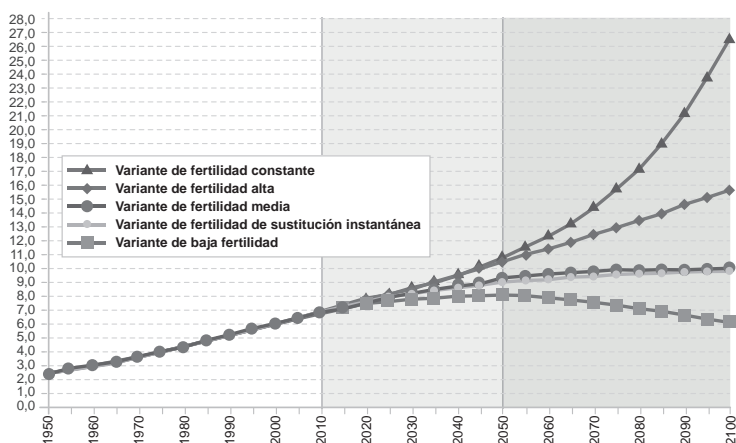
55. Población mundial, 1800-2009



Crecimiento de la población mundial durante los últimos doscientos nueve años en miles de millones de personas.

Fuente: Generado por Wolfram Alpha.

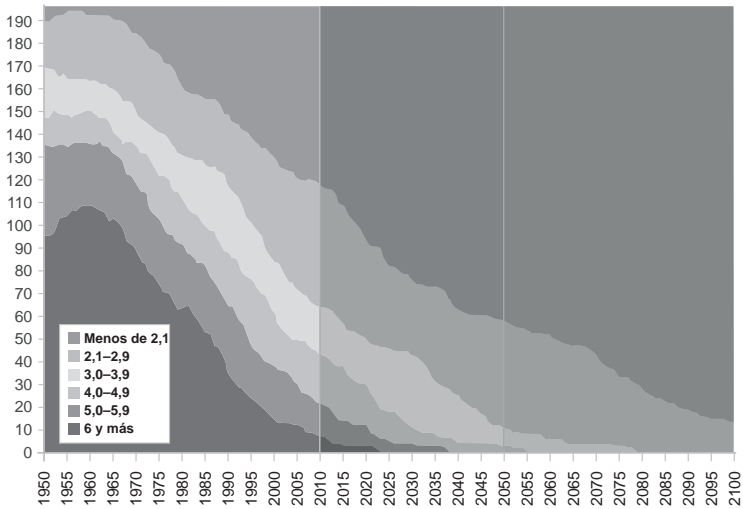
56. Variantes de población mundial estimadas y proyectadas (1950-2100)



Según la variante media de la *Revisión de las Perspectivas de la Población Mundial* se espera que la población global aumente desde 6.900 millones de mediados de 2011 hasta 9.300 millones en 2050 y que alcance 10.100 millones en 2100. La comprensión de esta proyección está sujeta al descenso continuado de la fertilidad en países que siguen teniendo el nivel de fertilidad por encima del nivel de sustitución (es decir, países en los que las mujeres tiene, de media, más de un hijo) y un aumento de la fertilidad en los países en los que está por debajo del nivel de sustitución. Además, la mortalidad debería descender en todos los países. Si la fertilidad permaneciera constante en cada país al nivel de lo que era en 2005-2010, la población mundial podría alcanzar casi 27.000 millones en 2100.

Fuente: http://esa.un.org/wpp/Analytical-Figures/htm/fig_1.htm.

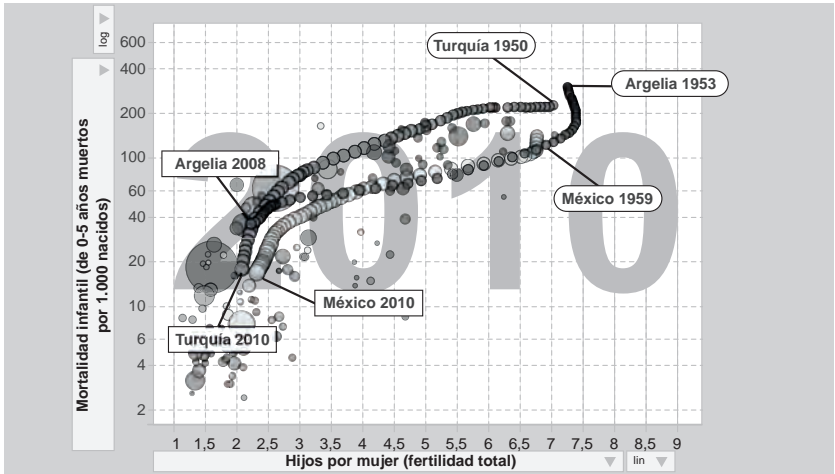
57. Número de países por fertilidad total



En la gran mayoría de países la fertilidad total estará por debajo de 2,1 hijos por mujer en 2100. Este gráfico muestra el número de países por nivel de fertilidad total desde 1950 hasta 2100.

Fuente: http://esa.un.org/unpd/wpp/Analytical-Figures/htm/fig_9.htm.

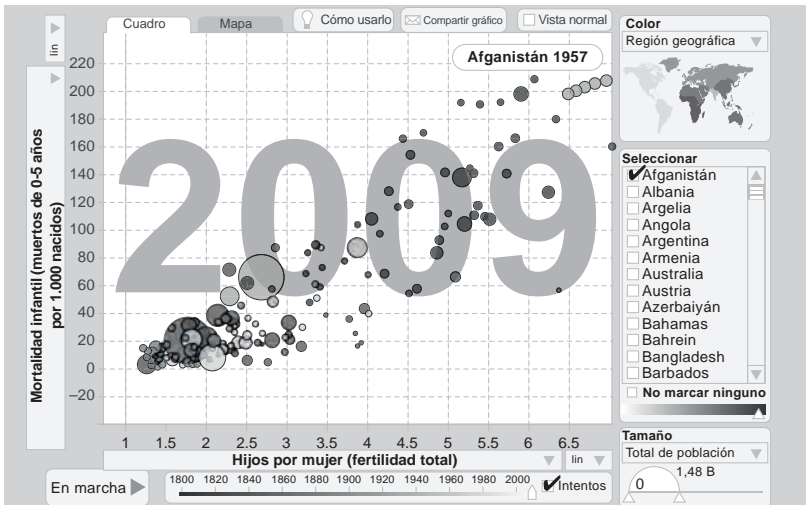
58. Hijos por mujer frente a mortalidad infantil a lo largo del tiempo



Este cuadro de Gapminder traza la mortalidad infantil (0-5 años) contra los hijos por mujer, demostrando una correlación directa entre los dos. Específicamente, a medida que descende la tasa de mortalidad infantil, también lo hace el número de hijos por mujer. El cuadro muestra el progreso de las naciones entre la década de los cincuenta y 2008. El tamaño del círculo representa la población del país. Los tres países han sido elegidos por cuestiones de representación.

Fuente: Gapminder, Hans Rosling.

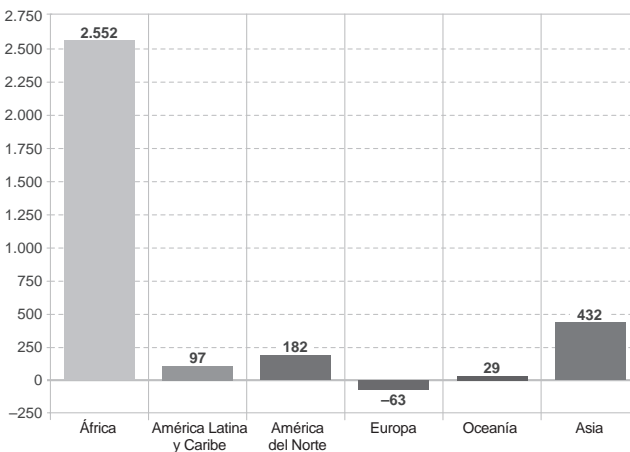
59. Hijos por mujer frente a Mortalidad infantil (2009)



Este cuadro de Gapminder traza la mortalidad infantil (de 0 a 5 años) frente a los hijos por mujer, demostrando una correlación directa entre ambos. Específicamente, conforme la mortalidad infantil disminuye también lo hace el número de hijos nacidos por mujer.

Fuente: Gapminder, Hans Rosling.

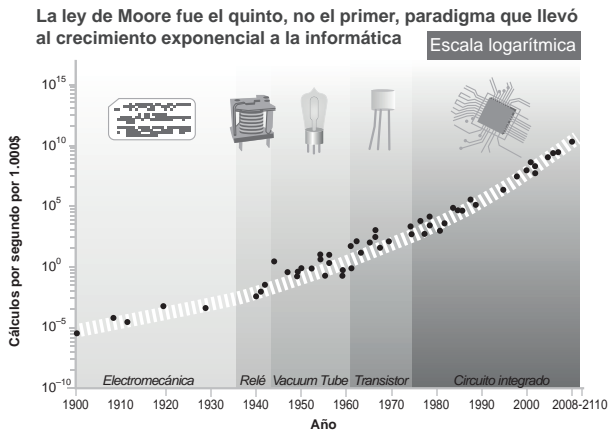
60. Cambio de población entre 2010 y 2100 por grandes regiones (millones)



Fuente: http://esa.un.org/unpd/wpp/Analytical-Figures/htm/fig_13.htm.

Tecnologías de la información y las comunicaciones

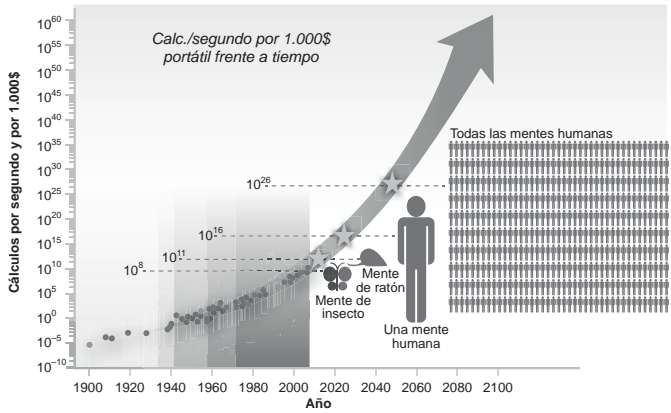
61. Crecimiento exponencial de la informática en ciento diez años



La ley de Moore en acción. Nótese lo suave que ha sido esta curva exponencial a lo largo de los últimos cien años a pesar de las guerras mundiales, las depresiones y las recesiones. También actualmente la curva tiende hacia arriba (en sentido vertical), lo cual demuestra que la propia tasa de crecimiento exponencial aumenta con el tiempo.

Fuente: Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

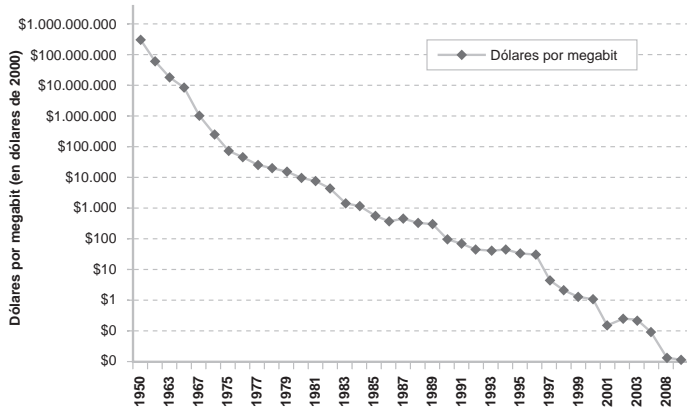
62. El crecimiento exponencial de la informática en una escala logarítmica



Esta curva de *The Singularity Is Near* proyecta la continuación de la ley de Moore durante el siguiente siglo. Indica que para aproximadamente 2023 el portátil medio de 1.000 dólares será capaz de comunicarse a la velocidad de la mente humana, y otros 25 años después a la velocidad de toda la humanidad.

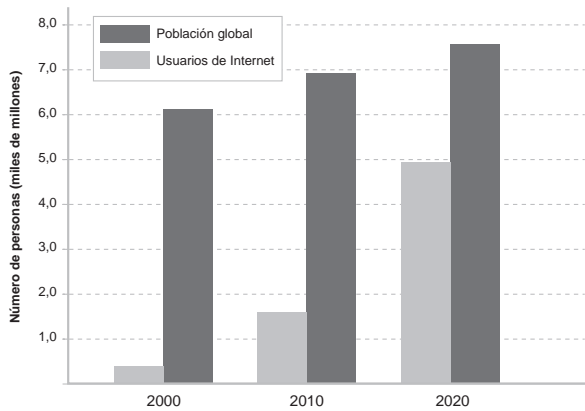
Fuente: Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

63. Descenso exponencial del coste de la memoria (1950-2008) en dólares por megabit



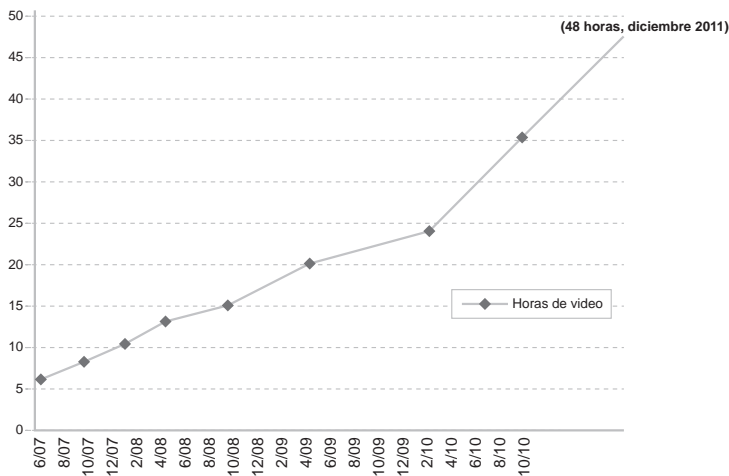
Fuente: Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

64. Pirámide de la abundancia



Fuente: <http://www.futuretimeline.net/21stcentury/2020-2029.htm#ref3>.

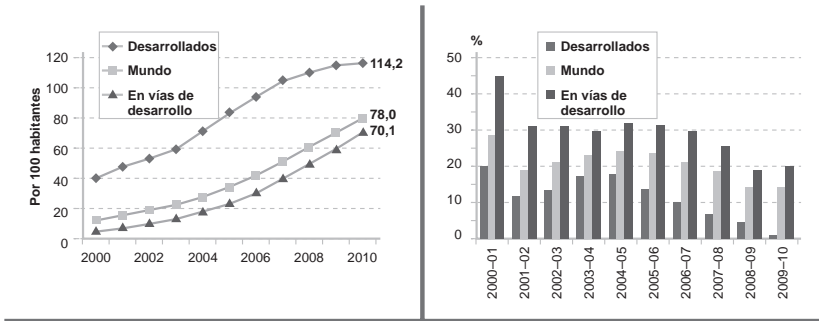
65. Pirámide de la abundancia



Nada muestra mejor el crecimiento explosivo de información digital que el aumento de contenido en YouTube. A finales de 2011 se cargaban cuarenta y ocho horas de contenido de video en la página cada minuto.

Fuentes: <http://www.youtube.com/t/press-statistics>; <http://youtube-global.blogspot.com/2010/11/great-scott-over-35-hours-of-video.html>; <http://youtube-global.blogspot.com/2011/05/thanks-youtube-community-for-two-big.html>.

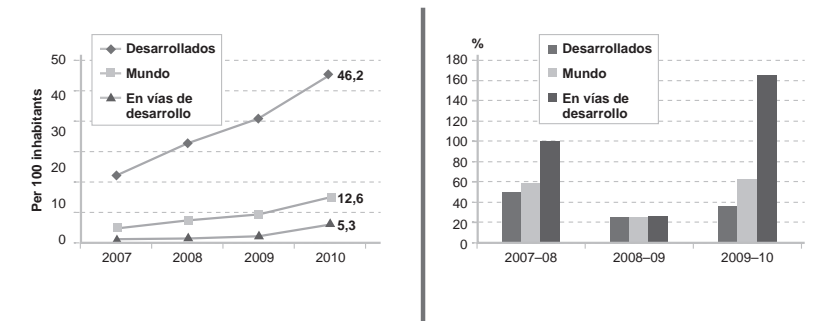
66. Pirámide de la abundancia



El gráfico de la izquierda muestra el rápido crecimiento de los abonados de móviles en el mundo desarrollado y en vías de desarrollo. En el primero, un número mayor de 100 indica individuos que tienen más de una aparato. El gráfico de la izquierda muestra la tasa de crecimiento anual a lo largo del tiempo.

Fuentes: http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2011/Material/MIS_2011_without_annex_5.pdf; http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2010/Material/MIS_2010_without_annex_4e.pdf.

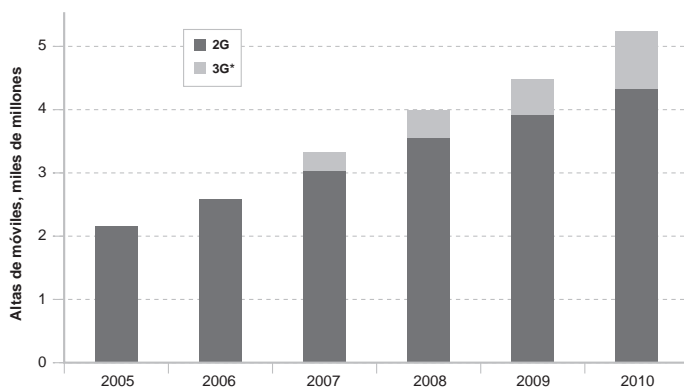
67. Pirámide de la abundancia



Los cuadros muestran específicamente el crecimiento en el acceso a banda ancha inalámbrica de Internet, en lugar de móviles. El desarrollo individual y más dinámico de las tecnologías de la información y las comunicaciones durante los últimos años ha sido el vertiginoso aumento de las altas en banda ancha móvil.

Fuente: http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2011/Material/MIS_2011_without_annex_5.pdf.

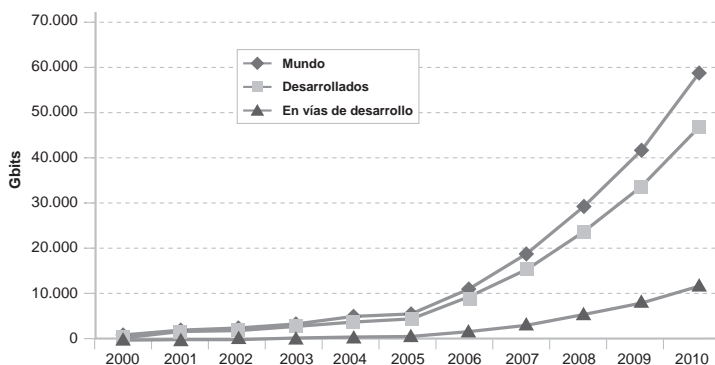
68. Crecimiento de las altas de móvil 2G y 3G



Nota: *Los datos 3G incluyen las altas a móviles con uso exclusivo de descarga de datos.

Fuente: http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2011/Material/MIS_2011_without_annex_5.pdf.

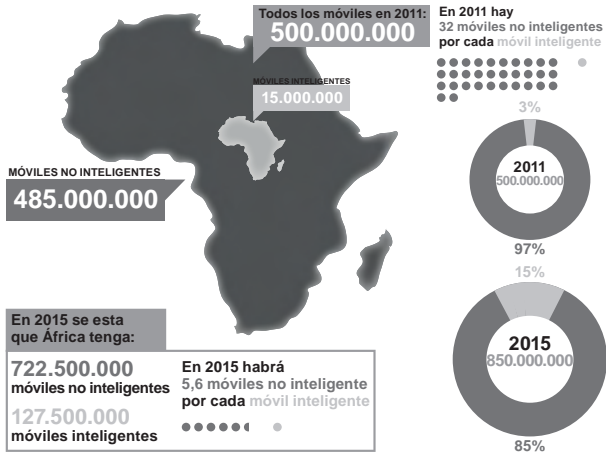
69. Ancho de banda (Gbits/seg.) total internacional de Internet



Entre 2008 y 2010 África ha realizado grandes progresos en la conectividad internacional de Internet. Muchos países han duplicado o triplicado su capacidad de ancho de banda internacional. Si se acompaña de medidas políticas efectivas que aseguren un acceso competitivo al nuevo ancho de banda disponible, este incremento puede tener un impacto positivo en la disponibilidad de banda ancha –uno de los mayores problemas de la región.

Fuentes: http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2011/Material/MIS_2011_without_annex_5.pdf; http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/2010/Material/MIS_2010_without_annex_4-e.pdf.

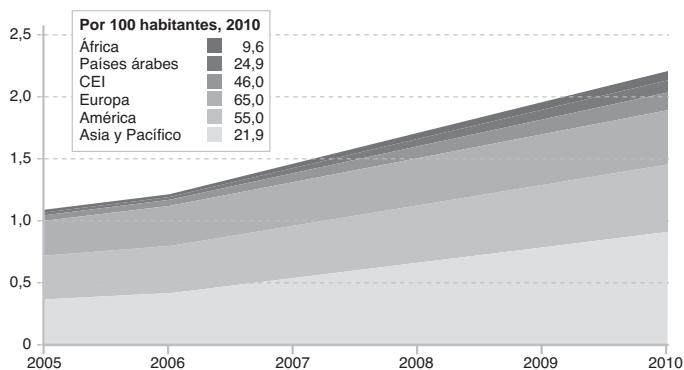
70. Penetración del móvil 2G y 3G en África, 2011-2015



Crecimiento a cinco años proyectado de aparatos móviles 2G y 3G. Nótese la desproporcionada tasa de crecimiento de los móviles inteligentes.

Fuente: <http://afrographique.tumblr.com/post/7087562485/infographic-depicting-smart-and-dumb-mobile>.

71. Usuarios de Internet (2005-2010) y por 100 habitantes (2010)



UIT: Usuarios de Internet en miles de millones (2005-2010) y por cada 100 habitantes (2010)

- El número de usuarios de Internet se ha duplicado entre 2005 y 2010.
- En 2010 el número de usuarios de Internet superará el umbral de 2.000 millones, de los cuales 1.200 estarán en países en vías de desarrollo.
- Una serie de países (Estonia, Finlandia y España) han declarado el acceso a Internet un derecho legal para los ciudadanos.
- Con más de 420 millones de usuarios de internet, China es el mayor mercado del mundo.
- Mientras que el 71 por ciento de la población en los países desarrollados está conectado, solo lo está el 21 por ciento en los países en vías de desarrollo. A finales de 2010 la penetración de usuarios de Internet en África alcanzará el 9,6 por ciento, muy por detrás tanto de la media mundial (30 por ciento) como de la de los países en vías de desarrollo (21 por ciento).

Fuente: <http://www.itu.int/ITU-D/ict/material/FactsFigures2010.pdf>.

72. Número de usuarios de Internet solo a través de móvil

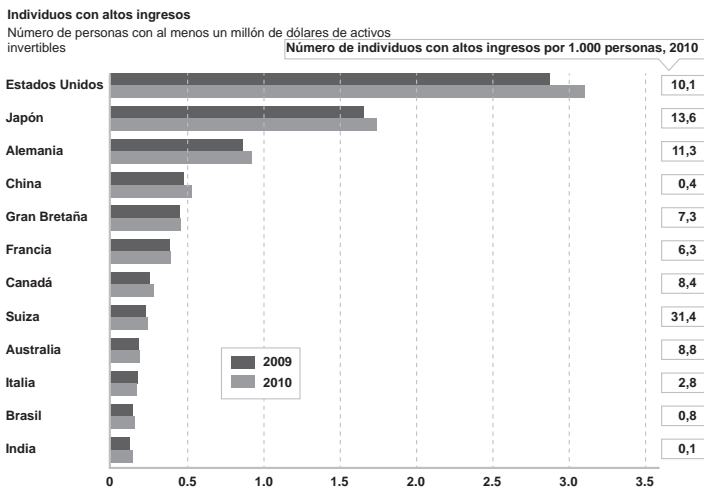
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Global	13.976.859	31.860.295	78.855.662	188.375.368	487.426.725	788.324.804
Asia-Pacífico	2.448.932	6.768.196	20.543.294	67.012.433	240.350.642	420.277.951
América Latina	1.329.853	4.040.217	12.720.259	26.665.349	49.199.321	71.548.055
América del Norte	2.615.787	4.218.310	6.550.322	14.257.565	38.783.886	55.646.710
Europa occidental	5.237.113	10.348.319	21.163.143	33.524.429	58.670.609	83.364.841
Japón	441.060	1.021.441	3.322.664	10.780.236	21.462.108	31.876.998
Europa central y del Este	1.156.893	3.140.746	8.252.679	20.303.462	38.480.441	58.717.045
Próximo Oriente y África	747.221	2.323.065	6.303.302	15.831.895	40.479.719	66.893.204

Este cuadro proporciona detalles de la proyección del crecimiento de usuarios únicos de Internet a través de móvil, lo que significa que acceden a la red a través de un teléfono inteligente.

Fuente: Cisco VNI Mobile, 2011.

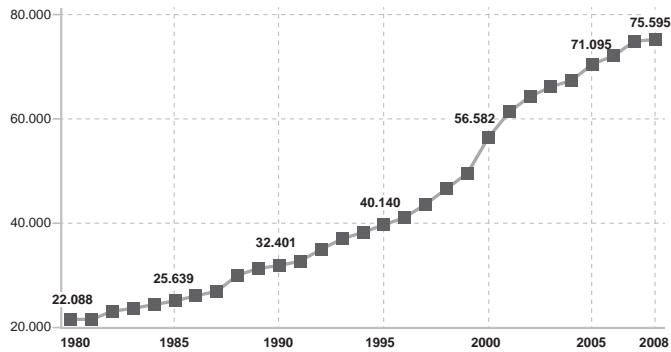
Filantropía

73. Concentración de individuos con altos ingresos por 1.000 personas, 2010



Fuentes: <http://www.economist.com/blogs/dailychart/2011/06/rich> de <http://www.capgemini.com/services-and-solutions/by-industry/financial-services/solutions/wealth/worldwealthreport>.

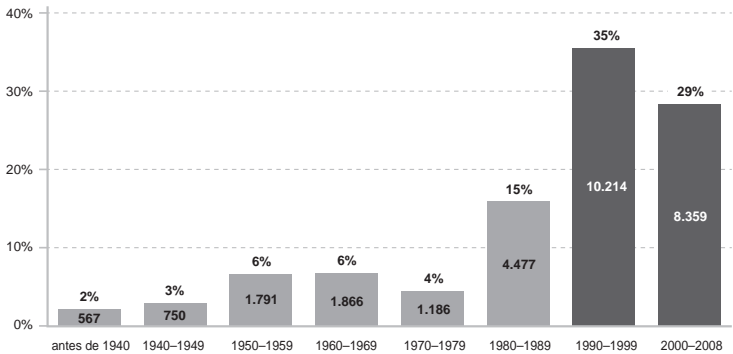
74. Número de fundaciones privadas y comunitarias activas



El número de fundaciones activas casi se ha cuadruplicado durante las dos últimas décadas.

Fuente: US Foundation Center (2010), <http://foundationcenter.org/find-funders/statistics>; <http://foundationcenter.org/gainknowledge/research/pdf/fgge10.pdf>.

75. Número de fundaciones privadas y comunitarias activas



Casi dos tercios de las mayores fundaciones activas se crearon después de 1989. Basado en la información del Foundation Center sobre fundaciones que conceden subvenciones con activos de al menos un millón de dólares.

Fuentes: US Foundation Center (2010), <http://foundationcenter.org/find-funders/statistics>; <http://foundationcenter.org/gainknowledge/research/pdf/fgge10.pdf>.

Desmaterialización y desmonetización

76. Desmaterialización

Aplicaciones de teléfonos inteligentes cuyo valor es superior a 900.000 dólares, hoy en día

Aplicación	Dólares (2011)	Nombre original del aparato	Año*	MSRP	2011 \$
1 Videoconferencia	<i>Gratis</i>	Compression Labs VC	1982	\$250.000	\$586.904
2 GPS	<i>Gratis</i>	TI NAVSTAR	1982	\$119.900	\$279.366
3 Grabadora digital	<i>Gratis</i>	SONY PCM	1978	\$2.500	\$8.687
4 Reloj digital	<i>Gratis</i>	Seiko 35SQ Astron	1969	\$1.250	\$7.716
5 Cámara de 5 megapix.	<i>Gratis</i>	Canon RC-701	1986	\$3.000	\$6.201
6 Biblioteca médica	<i>Gratis</i>	ejemplo g. CONSULTANT	1987	Hasta \$2.000	\$3.988
7 Reproductor de video	<i>Gratis</i>	Toshiba V-8000	1981	\$1.245	\$3.103
8 Cámara de video	<i>Gratis</i>	RCA CC010	1981	\$1.050	\$2.617
9 Reproductor de música	<i>Gratis</i>	Sony CDP-101 CD reproductor	1982	\$900	\$2.113
10 Enciclopedia	<i>Gratis</i>	Compton's CD Encyclopedia	1989	\$750	\$1.370
11 Consola de videojuegos	<i>Gratis</i>	Atari 2600	1977	\$199	\$744
Total		Gratis			\$902.065

La gente que tiene móviles inteligentes actualmente pueden acceder a herramientas que les habrían costado miles de dólares hace unas pocas décadas.

Fuentes: (1) <http://www.nefsis.com/Best-Video-Conferencing-Software/video-conferencing-history.html>

(2) <http://www.americanhistory.si.edu/collections/surveying/object.cfm?recordnumber=998407>

(3) http://www.videointerchange.com/audio_history.htm

(4) <http://www.shvoong.com/humanities/1714780-history-digital-watch>

(5) <http://www.digicamhistory.com/1986.html>

(6) <http://www.tnyurl.com/63ljueq>

(7) <http://www.mrbetamax.com/OtherGuys.htm>

(8) <http://www.cedmagic.com/museum/press/release-1981-02-12-1.html>

(9) http://www.digicamhistory.com/1980_1983.html

(10) <http://www.mba.tuck.dartmouth.edu/pdf/2000-2-0007.pdf>

(11) <http://www.thegameconsole.com/atari-2600/>

77. El iPad 2 tan rápido como un superordenador de 1985

	Cray 2 (1985)	iPad2 (2011)	Diferencias (iPad frente a Cray 2)
Peso	2.494 kg.	610-613 g (Wi-Fi+3G)	1/4000 del peso
Tamaño	23x52x33 cm 39.470 cm ³	11,5x6,1x1,16cm 81 cm ³	casi 1/5000 del volumen
Coste	\$17.5M (1985) \$36.2M (2011)	\$699 (64 GB, 2011) \$338 (1985)	1/51.775 del coste
Capacidad de procesamiento (CPU)	244 MHz	1 GHz	4 veces la velocidad de procesamiento
Memoria	2 GB RAM	512 MB DDR2	1/4 de la memoria
Potencia (vatios)	150-200 kW	10 vatios	1/15.000 de la potencia

Fuentes: <http://bits.blogs.nytimes.com/2011/05/09/the-ipad-in-your-hand-as-fast-as-a-supercomputer-of-yore;> [http://archive.computerhistory.org/resources/text/Cray/Cray.Cray2.1985.102646185.pdf;](http://archive.computerhistory.org/resources/text/Cray/Cray.Cray2.1985.102646185.pdf) [http://en.wikipedia.org/wiki/Cray-3;](http://en.wikipedia.org/wiki/Cray-3) 2GB; RAM; [http://www.cs.umass.edu/weems/CmpSci635A/Lecture16/L16.16.html#15,000;](http://www.cs.umass.edu/weems/CmpSci635A/Lecture16/L16.16.html#15,000) [http://books.google.com/books?id=LkrTkAa10McC&pg=PA61-IA8;](http://books.google.com/books?id=LkrTkAa10McC&pg=PA61-IA8) Cray 2 Brochure; http://www.cray.com/computers/downloads/Cray2/Cray2_Brochure001.pdf.

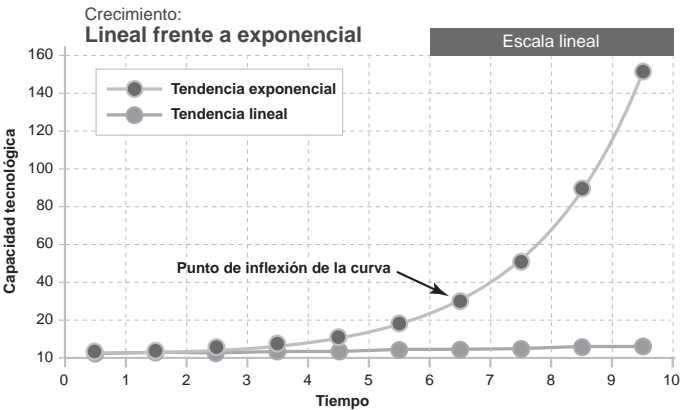
78. iPhone (2007) frente a Osborne Executive (1982)

	Osborne Executive (1982)	iPhone	Diferencia
Peso	12.9 kg	135 gr. / 4.8 oz / .3 lbs	95.5 veces menos peso
Tamaño	23x52x33 cm 39.470 cm ³	11,5x6,1x1,16cm 81 cm ³	Casi 1/500 del volumen
Coste	\$2,495 (1982) \$5,759 (2011)	\$599/\$399 (8 GB, 2007) \$279/\$186 (1982)	10-14 veces menos (dólares constantes)
Capacidad de procesamiento (CPU)	4,0 Mhz	620 Mhz	155 veces más
Almacenamiento	Hasta 720 KB	Hasta 8 GB Flash (2007)	11.650 veces más
Memoria	Hasta 384 kibibits	128 MB eDRAM	341 veces más
Visualizador	80 car x 24 líneas,	320 x 480 LCD de 18 bits monócromo	No comparable (OE no está basado en píxeles)
Cámara y video	NA	Cámara 2,0 megapixel	No aplicable
Software	Tipos diversos, en discos flexibles	Múltiples para empezar	No aplicable
Comunicaciones	Modem de 300 baudios (2,3kbits/s)	Wi-Fi (802.11b/g, 11Mb/s), Bluetooth, GPS	26.666 veces más

Fuentes: [http://www.computermuseum.li/Testpage/OsborneExecSpecs.htm;](http://www.computermuseum.li/Testpage/OsborneExecSpecs.htm) [http://en.wikipedia.org/wiki/Osborne_Executive;](http://en.wikipedia.org/wiki/Osborne_Executive) <http://en.wikipedia.org/wiki/iPhone>.

Curvas exponenciales

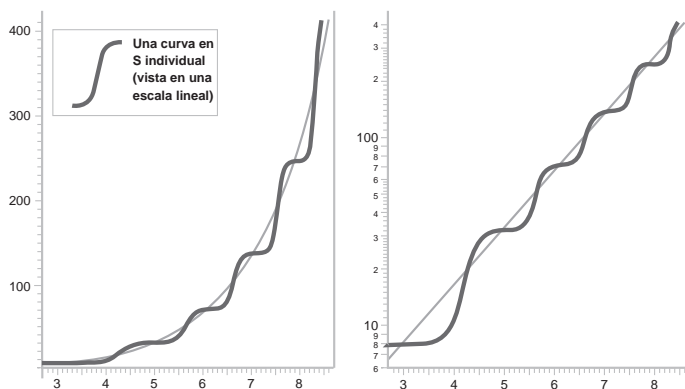
79. Curvas exponenciales frente a lineales



Este gráfico muestra la diferencia fundamental entre el crecimiento exponencial y el lineal. En el periodo inicial de la duplicación exponencial, antes de alcanzar el principio de la curva, los crecimientos exponencial y lineal son difíciles de distinguir.

Fuente: Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

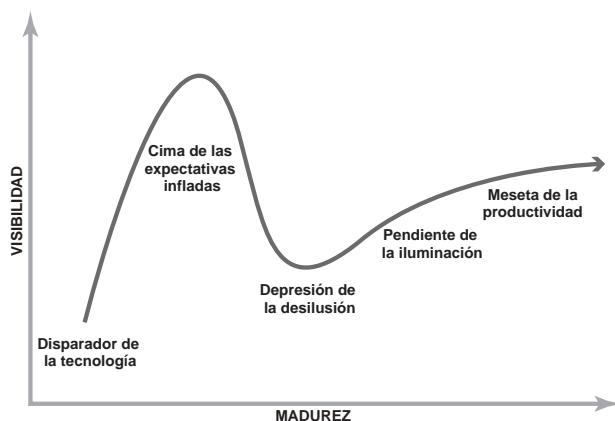
80. Curvas exponenciales



El gráfico de la izquierda muestra una secuencia exponencial hecha de una cascada de curvas en S en una escala lineal. El gráfico de la derecha muestra la misma secuencia exponencial de curvas en S en una escala logarítmica.

Fuente: Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

81. La curva de tecnologías emergentes de Gartner



Cada ciclo pasa por las cinco fases clave del ciclo de vida de una tecnología. Al principio del ciclo vital de una nueva tecnología hay una sobreestimación de su potencial, lo que lleva a la cima de las expectativas infladas, seguido por un rechazo de sus capacidades y la depresión de la desilusión, y finalmente por la verdadera realización de la tecnología y su meseta de productividad.

Fuente: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=11242212>

Peligros de los exponenciales

Por qué el futuro no nos necesita

Uno de los primeros estudios serios sobre los peligros de la tecnología exponencial se publicó en *Wired* en abril de 2000, cuando Bill Joy¹ (por entonces científico jefe de Sun Microsystems) escribió su artículo ya famoso «Por qué el futuro no nos necesita». El argumento de Joy es que las más poderosas tecnologías del siglo XXI —la robótica, la nanotecnología y la ingeniería genética— amenazan la especie humana, y nos deja un único camino:

Las experiencias de los científicos atómicos muestran claramente la necesidad de adquirir responsabilidades personales, el peligro de que las cosas vayan demasiado rápido y son un ejemplo de cómo un proceso puede cobrar vida propia. Podemos, como hicieron ellos, crear problemas insuperables en muy poco tiempo. Antes debemos pensar con cuidado si las consecuencias de nuestros inventos no van a tener unos resultados igualmente horribles ... Nos estamos lanzando a este nuevo siglo sin planes, sin control y sin frenos.

La única alternativa realista que veo es la renuncia: limitar el desarrollo de las tecnologías demasiado peligrosas limitando nuestra búsqueda de ciertos tipos de conocimiento.

Aunque no estoy de acuerdo con la receta de Joy (por razones a las que llegaremos), no está equivocado en su evaluación. Las tecnolo-

gías exponenciales pueden plantear graves peligros, y aunque esos peligros no son el objeto de este libro, sería un descuido importante pasarlos por alto sin discusión. Esta es, pues, la parte del texto dedicada a examinar estas cuestiones. Aviso de antemano que la discusión de estas amenazas y los factores mitigadores expuestos aquí son, he de reconocerlo, insuficientes, dada la importancia del tema. Mi objetivo es, simplemente, hacer que seas consciente de estas preocupaciones, que son importantes, y proporcionar una visión de conjunto para estimularte a que sigas informándote.

Imaginar estos peligros no es difícil, puesto que Hollywood ya ha hecho gran parte del trabajo. Películas como *Yo, robot*, *Terminator* y *Matrix* son historias clásicas de robots malos e inteligentes que dominan la humanidad, mientras que *Blade Runner*, *Gattaca* y *Parque Jurásico* se centran en los aspectos negativos de la manipulación genética. Parece que la nanotecnología es algo menos cinematográfica y solo aparece en el *remake* de 2008 de *Ultimátum a la Tierra*. Pero la película, en la que nanorrobots replicantes quedan libres y arrasan todo en su camino, nos proporciona una versión bastante precisa del argumento de Eric Drexler² como para que a uno se le pongan los pelos de punta. Aunque es verdad que Hollywood es poco cuidadosa con los hechos, hace un trabajo muy bueno a la hora de presentar los peligros. Dicho de manera simple: Hay ciertas tecnologías que en determinadas manos no conducen a nada bueno.

Cada año en la SU realizo una serie de talleres de trabajo para discutir este asunto. En esas sesiones tratamos de enumerar y priorizar los escenarios apocalípticos a corto y medio plazo. Hay tres preocupaciones a corto plazo que sistemáticamente ocupan los primeros lugares y, por tanto, nos vamos a centrar en ellas: el miedo a una biotecnología en manos de terroristas; el aumento continuado del cibercrimen, y la pérdida de puestos de trabajo como resultado de los avances en robótica e inteligencia artificial. Los analizaremos de uno en uno.

Bioterrorismo

En este libro ya he descrito cómo estudiantes de bachillerato y universidad que participan en la competición por la Máquina Internacional

Genéticamente Modificada (iGEM) están usando la ingeniería genética para manipular formas de vida simples con el fin de conseguir cosas útiles o interesantes. Por ejemplo, los ganadores de concursos anteriores han creado formas de vida que emiten color verde fosforescente, que consumen restos de petróleo o que fabrican vacunas que previenen las úlceras. Pero aquí es donde estamos hoy. Mañana es una historia bastante diferente.

«Hay una nueva generación de piratas biológicos *online* que utilizarán la ingeniería genética para iniciar empresas asombrosas», dice Andrew Hessel,³ codirector de Biotecnología en la Singularity University y partidario elocuente del movimiento actual de biología «hazlo tú mismo». «Sin embargo, al mismo tiempo, como la tecnología se vuelve más fácil de usar y es de acceso cada vez más barato, los ataques biológicos y los piratas son inevitables».

La tecnología ya es suficientemente barata. La secuenciación del ADN y las máquinas sintetizadoras están al alcance de cualquiera que pueda permitirse un coche de segunda mano. Esto puede estar bien, excepto cuando algunas secuencias nucleotídicas muy desagradables, como la del virus del Ébola y la gripe de 1918 (que mató a más de cincuenta millones de personas en el mundo) son accesibles *online*. El cosmólogo y astrónomo británico Lord Martin Rees⁴ piensa que el peligro es tan grave que en 2002 apostó mil dólares con la revista *Wired* a que «antes de 2020 un caso de “bioerror” o de “bioterror” habrá matado a un millón de personas».

Rees y Hessel tienen todo el derecho a alertar. El Dr. Larry Brilliant⁵ —que ayudó a dirigir el equipo de la OMS que erradicó con éxito la viruela y que gestiona actualmente el Fondo Urgente de Amenazas Jeff Skoll (que se centra, entre otras cosas, en pandemias y bioterrorismo)— resumió los miedos de todo el mundo en un artículo reciente del *Wall Street Journal*: «La ingeniería genética de los virus es mucho menos compleja y cara que la secuenciación del ADN humano. Las armas del bioterrorismo son baratas y no necesitan grandes laboratorios o financiación de un gobierno. Son las armas de destrucción masiva de los pobres».

Los terroristas ni siquiera tendrían que crear el virus que causa el daño. «El frenesí mediático generalizado en torno al H1N1 [gripe A] en 2009 provocó el pánico de la gente y dio lugar a que las farmacéuticas gastaran miles de millones en fabricar vacunas que a

la postre fueron inútiles», explica Hessel. «El miedo y la ignorancia a los agentes biológicos puede llevar a respuestas de la sociedad reactivas y perjudiciales con consecuencias reales, aunque el propio agente no sea tan dañino». En efecto, solo la amenaza de un ataque biológico puede ser profundamente dañina, y tener un impacto económico, social y psicológico negativo.

Una reacción instintiva a esta amenaza ha sido una llamada a regular de forma más estricta la distribución de esta tecnología, pero hay pocos indicios de que tal medida tenga el efecto deseado. El primer problema es que prohibir cualquier cosa tiende a crear un mercado negro y una mafia criminal dedicada a explotar ese mercado. En 1919, cuando Estados Unidos prohibió la fabricación, venta y transporte de bebidas alcohólicas, el crimen organizado fue su principal resultado.⁶ La población reclusa se multiplicó un 366 por ciento; los gastos totales en instituciones penales se elevaron un 1.000 por ciento; incluso la conducción en estado de ebriedad aumentó un 88 por ciento. Dicho lo cual, como señaló John D. Rockefeller Jr.⁷ (que fue uno de los vocales que propuso la idea): «La ingesta ha aumentado de manera general; las tabernas clandestinas han sustituido a los bares; ha surgido un vasto ejército de infractores; muchos de nuestros mejores ciudadanos han ignorado abiertamente la Prohibición; el respeto a la ley ha disminuido considerablemente, y el crimen ha aumentado hasta un nivel nunca visto».

Más allá de esas drogas que aumentan el rendimiento atlético, actualmente no hay un mercado negro de productos biológicos. Una regulación más estricta cambiaría esto rápidamente. También crearía una fuga de cerebros, ya que los investigadores interesados en esos temas se irían a lugares en los que el trabajo no fuera ilegal –algo que ya vimos con las células madre. Además, hay consideraciones económicas serias. La regulación daña especialmente los pequeños negocios, y son estos los que hacen que funcionen la mayoría de las economías. La biotecnología industrial es un sector del mercado que está creciendo rápidamente, pero esto disminuiría si comenzáramos a frustrar estas operaciones con demasiadas normas, y este declive dañaría a algo más que nuestras carteras.

«Nuestro mayor recurso para combatir las amenazas biológicas naturales y artificiales emergentes es una capacidad tecnológica ampliamente distribuida», escribe el biólogo sintético pionero Rob Carl-

son⁸ en una reciente descripción de ese campo: «Biología Sintética 101». «Las regulaciones que se puede demostrar que son ineficaces en la mejora de la seguridad podrían fácilmente acabar ahogando la innovación tecnológica necesaria para mejorar la seguridad, y no te equivoques: necesitamos desesperadamente nuevas tecnologías que proporcionen una biodefensa adecuada».

Más allá de este pronóstico pesimista, están comenzando a surgir algunos puntos positivos. Para empezar, los virus solo se propagan a la velocidad en que los humanos viajan –ir desde el huésped infectado hasta el objetivo que pronto se infectará. Los simulacros muestran que una pandemia, incluso en un ámbito local, puede tardar meses en alcanzar su punto álgido. Sin embargo, las advertencias y las noticias se pueden propagar a la velocidad de Twitter, Facebook y la CNN.

Ya hay sistemas, como Tendencias de gripe Google, que monitorizan las búsquedas por Internet para encontrar términos como «gripe», «tos», etc., y pueden identificar brotes tempranos. En un futuro próximo, las tecnologías del laboratorio en un chip, que pueden utilizarse para detectar, secuenciar y servir de forma efectiva como sistema de detección temprana de pandemias, proporcionarán datos a organizaciones como los Centros de Control de Enfermedades.

«Si los servicios regionales se organizan para fabricar y distribuir rápidamente vacunas y medicamentos antivirales en pueblos y ciudades en todo el mundo», continúa Hessel, «entonces podemos imaginar que los tratamientos efectivos se difundan del mismo modo que Norton Antivirus difunde sus actualizaciones para proteger nuestros ordenadores domésticos».

El esfuerzo para crear ese tipo de servicios ya está empezando. En mayo de 2011, la Escuela de Salud Pública de la UCLA⁹ puso en marcha un laboratorio automatizado, de gran volumen, con la última tecnología, de alta velocidad, con un coste de 32 millones de dólares y diseñado para ser la próxima arma contra el bioterrorismo y las enfermedades infecciosas. Este *biolab* global está diseñado para probar volúmenes importantes de agentes mortales y hacerlo muy rápidamente. «Por ejemplo», dice la directora de la mencionada escuela, Linda Rosentock, «para averiguar de dónde procede un agente. ¿Se originó en México? ¿Comenzó en Asia? ¿Cómo evoluciona a lo largo del tiempo? ¿Cómo podemos desarrollar una vacuna para protegerlos de él? Realmente las posibilidades son infinitas».

Esta es solo una pieza de lo que será un rompecabezas mucho mayor. Larry Brilliant se imagina un escenario¹⁰ en el que los filtros de aire de los lugares públicos como aeropuertos y auditorios serán conectados con sistemas de monitorización biológica. Si estornudas en los baños del estadio de los Yankees de Nueva York el sistema automáticamente analiza tus gérmenes en busca de patógenos conocidos y desconocidos. Para hacer que la idea de Brilliant aún sea más factible, en agosto de 2011 investigadores del Laboratorio Lincoln del MIT inventaron un nuevo tipo de biosensor que puede detectar patógenos aéreos como el ántrax, la peste y la viruela en menos de tres minutos, una enorme mejora respecto a procedimientos anteriores.

A pesar de tales progresos, alcanzar un sistema perfecto de monitorización de patógenos supondrá unos años, quizá incluso unas décadas. Mientras tanto, otra defensa importante contra los ataques biológicos puede ser los errores electrónicos que un posible terrorista genera en sus esfuerzos por comprar equipos, suministros e información. Por esta razón, la pérdida de privacidad procedente de las redes sociales y de las búsquedas en la red pueden resultar, irónicamente, un protector de primera fila de nuestra libertad y salud.

La cuestión es que cualquier nueva tecnología conlleva un riesgo nuevo. Mayormente hemos de vivir con soluciones de compromiso. Los coches matan a unos 40.000 estadounidenses al año¹¹ y arrojan 1.500 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, pero somos poco partidarios de prohibir esas máquinas. Los más potentes analgésicos que hemos desarrollado han salvado vidas, pero también han acabado con ellas. Incluso algo tan sencillo como el azúcar procesada es un arma de doble filo, que nos proporciona un brillante surtido de nuevos alimentos, pero que contribuye al mismo tiempo a una amplia gama de enfermedades mortales. Como el dibujante de cómics Stan Lee¹² señaló hace tantos años en el primer número de *Spider-Man*: «Con un gran poder también debe haber una gran responsabilidad». Hay algo de lo que estamos seguros: la biotecnología constituye un poder muy grande.

Cibercrimen

Marc Goodman¹³ es un especialista en cibercrimen con un currículum que se lee como una novela de espías: Departamento de Policía de Los Ángeles, Interpol, Naciones Unidas, Departamento de Estado, jefe cibercriminólogo del Instituto de Investigación del Cibercrimen, fundador del Instituto del Crimen Futuro y actualmente jefe de seguimiento de política, derecho y ética de la SU. Al analizar esta amenaza, Goodman ve cuatro grandes fuentes de preocupación.

La primera cuestión es personal. «En muchos países», dice, «la humanidad depende completamente de Internet. Los ataques contra los bancos podrían destruir todos los archivos. Los ahorros de una vida de alguien podrían desvanecerse en un momento. Piratear en los hospitales podría acabar con cientos de vidas si se trastocaran los grupos sanguíneos, y ya hay 60.000 aparatos médicos implantados y conectados a Internet. Conforme avance la integración de la biología y la tecnología de la información, los marcapasos, los implantes cocleares, las bombas de insulina para diabéticos, etc., se convertirán, todos ellos, en objetivos de los ciberataques».

Igualmente alarmantes son las amenazas contra infraestructuras físicas que actualmente están conectadas a la red y son vulnerables a los piratas informáticos (como se demostró recientemente con el incidente del Stuxnet iraní), entre ellas puentes, túneles, control de tráfico aéreo y redes de transporte de energía. Somos altamente dependientes de estos sistemas, pero Goodman piensa que la tecnología que se está usando para gestionarlos está desfasada, y toda la red está llena de amenazas a la seguridad.

Los robots son la siguiente cuestión. En un futuro no muy lejano estas máquinas serán comunes y estarán conectadas a Internet. Tendrán más potencia y velocidad e incluso podrán estar armadas (como ocurre actualmente con los robots militares). Pero su conexión a Internet las hace vulnerables a los ataques, y se han creado muy pocos procedimientos de seguridad para prevenir estos incidentes.

El último campo de preocupación para Goodman es que la tecnología constantemente va y viene entre nosotros y la realidad. «Cree-mos lo que nos dice el ordenador», dice Goodman. «Leemos nuestro correo electrónico a través de pantallas de ordenador; hablamos con nuestros amigos y familias en Facebook; los médicos recetan medi-

cinas según lo que les indica un ordenador que da los resultados de un laboratorio; las multas de tráfico se emiten en razón de lo que las cámaras nos dicen que pone una matrícula; pagamos por las cosas en las tiendas sobre el total que proporciona un ordenador; elegimos gobernantes como resultado de sistemas electrónicos de voto. Pero el problema con toda esta vida intermediada es que puede ser falseada. Es realmente fácil falsificar lo que se ve en las pantallas de un ordenador. Cuanto más nos desconectamos de lo físico y vamos hacia lo digital, más perdemos la capacidad de distinguir lo real de lo falso. En última instancia, los malos actores (ya sean criminales, terroristas o gobiernos canallas) tendrán la capacidad de explotar esta confianza».

Aunque todavía no hemos descubierto ninguna solución mágica, Goodman cree que hay algunos procedimientos que reducirían nuestros riesgos en gran medida. El primero es mejorar la tecnología y exigir mayor responsabilidad. «Es de locos que permitamos a los programadores que suministren malos programas», dice. «Estamos complicando la vida a los consumidores y facilitándosela a los criminales. Tenemos que aceptar el hecho de que en el mundo actual nuestras vidas dependen del software, y permitir a las empresas que pongan a la venta productos llenos de fallos de seguridad en el entorno actual no tiene ningún sentido».

La siguiente cuestión es cómo manejamos los fallos de seguridad que siguen teniendo lugar. Ahora mismo, la responsabilidad de protegerse con una contraseña se deja en manos del consumidor, pero la gente no llega a emplearlas con la frecuencia que debería. Goodman lo explica: «El 90 por ciento de todos los pirateos explotan antiguos fallos de seguridad, fallos para los que ya existen soluciones. Necesitamos un software que se actualice automáticamente, que tape los agujeros, y que frustre a los piratas. Esto tienes que automatizarse, y exigir la responsabilidad al programador».

Goodman también piensa que ha llegado el momento de comenzar a considerar algún tipo de ley de responsabilidad global que cubra la seguridad del software. Con este fin, el 9 de septiembre de 2011 el senador demócrata por Connecticut, Richard Blumenthal,¹⁴ presentó en el Senado la Ley de Protección de Datos Personales y de Violación de la Responsabilidad. Esta permitirá al Departamento de Justicia de Estados Unidos multar a las empresas con más de 10.000

clientes con 5.000 dólares al día (hasta un máximo de veinte millones de dólares) por tener una seguridad laxa. Si se aprueba la ley, se habrán establecido los criterios, y a las empresas se les pedirá que realicen pruebas de sus sistemas de seguridad de forma regular –aunque quién haga las pruebas y cómo, y a quién pertenecen los datos resultantes sigue siendo un tema peliagudo.

Una fuerza policial internacional con base en la red y capaz de operar a través de las fronteras, del mismo modo que Internet permite a los criminales actuar a través de esas mismas fronteras, es la última sugerencia de Goodman. «Internet ha convertido el mundo en un lugar sin fronteras», dice, «pero todas nuestras agencias de orden público están atrapadas en el mundo anterior, aquel en el que las fronteras importaban mucho. Esto hace que sea casi imposible para las fuerzas del orden enfrentarse a los cibercriminales. No creo que nunca lleguemos a derrotar completamente el cibercrimen, pero si las reglas del juego siguen siendo tan desequilibradas, ni siquiera tenemos una posibilidad de luchar».

Goodman es consciente de que su propuesta incomoda a muchos. «La principal preocupación de todo el mundo es un policía de El Salvador que sea capaz de arrestar a gente en Suiza, pero si lo convirtieras en un mecanismo policial con base en la red (y dejaras los arrestos en manos de los policías locales), podrías evitar esta cuestión. Sin duda, quedan por considerar muchas cuestiones jurídicas internacionales –difundir propaganda nazi, por ejemplo, es libertad de expresión en Estados Unidos, pero ilegal en Alemania–, pero vivimos en un mundo globalmente interconectado. Estos problemas van a seguir surgiendo. ¿Acaso no ha llegado el momento de dar un salto adelante?»

Robótica, inteligencia artificial y la cola del paro

adelantaren algunos casos el salto adelante ya se ha dado. Hoy en día no falta mucho para que los robots desempeñen la mayoría de los trabajos manuales. Ya sean los robots reponedores que lleven el inventario en Costco o los que sirvan hamburguesas en un McDonald's, estamos a menos de una década de su llegada. A partir de este momento los humanos van a tenerlo muy difícil para competir con ellos.

Esos robots trabajan veinticuatro horas al día, siete días a la semana y ni se ponen enfermos, ni cometen errores, ni se declaran en huelga. Nunca se emborrachan demasiado los viernes por la noche como para no poder ir a trabajar los sábados por la mañana, y –malas noticias para la industria de la detección de drogas– no tienen ningún interés en las sustancias psicotrópicas. Sin duda, habrá empresas que sigan empleando a humanos por cuestiones de principios o por caridad, pero es difícil vislumbrar un panorama en el que sigan siendo competitivos en costes durante mucho tiempo. Así pues, ¿qué va a pasar con esos millones de trabajadores poco cualificados?

Nadie está seguro, aunque es útil recordar que no es la primera vez que la automatización ha cambiado el paisaje del empleo. En 1862, el 90 por ciento de la fuerza de trabajo en Estados Unidos eran campesinos.¹⁵ En los años treinta la cifra era del 21 por ciento.¹⁶ Hoy en día es de menos del 2.¹⁷ ¿Qué pasó, pues, con los trabajos en el campo que fueron automatizados? Nada especial. Los viejos puestos de trabajo de baja cualificación fueron sustituidos por nuevos trabajos más especializados, y se formó a la fuerza de trabajo para que los desempeñara. Este es el camino del progreso. En un mundo de especialización creciente, estamos creando de nuevo. «A un alto nivel», dice el creador de *Second Life*, Philip Rosedale,¹⁸ «los humanos han demostrado sistemáticamente una capacidad para encontrar nuevas cosas que hacer de mayor valor añadido cuando los trabajos han sido externalizados o automatizados. La Revolución industrial, la externalización de la tecnología de la información, la fuerza de trabajo china de bajo coste, todas acabaron creando trabajos nuevos más interesantes que los que eliminaron».

Vivek Wadhaw,¹⁹ director de investigación del Centro del Espíritu Empresarial de la Universidad de Duke está de acuerdo. «Los trabajos que pueden ser automatizados siempre están en peligro. El desafío de la sociedad es mantener en funcionamiento la escalera que permite ascender a ámbitos más elevados. Necesitamos crear nuevos empleos que utilicen la creatividad en lugar del trabajo humano. Admito que es difícil imaginar los trabajos del futuro, porque no tenemos ni idea de lo que permitirán las nuevas tecnologías. Dudo que alguien hubiera podido predecir hace dos décadas que un país como la India pasaría de ser visto como territorio de mendigos y encantadores de serpientes a una amenaza para el empleo del mundo desa-

rrollado. Los estadounidenses ya no dicen a sus hijos que piensen en los indios que se mueren de hambre antes de dejarse la comida en el plato, les dicen que estudien matemáticas y ciencias o los indios se quedarán con los empleos cualificados».

Además de reconvertirse, algunos simplemente se jubilarán. El experto de la SU en inteligencia artificial Neil Jacobstein²⁰ explica: «Las tecnologías exponenciales acabarán permitiendo que la gente no necesite trabajar para tener un nivel de vida alto. La gente tendrá muchas opciones de utilizar su tiempo y desarrollarse a su manera, desde el ocio asociado normalmente con la jubilación, hasta el arte, la música o incluso la recuperación del medio ambiente. Se dará menos importancia a acumular dinero y más en contribuir a la colectividad o, al menos, a tener una vida interesante».

Esto puede parecer una opinión bastante futurista, pero en un informe especial para la CNN, de 2011, el especialista en medios de comunicación Douglas Rushkoff²¹ sostuvo que esta transición ya está en marcha:

Entiendo que todos queremos estar en nómina, o al menos tener dinero. Queremos comida, cobijo, ropa y todas las cosas que compra el dinero. ¿Pero realmente queremos trabajos?

Vivimos en una economía en la que la productividad ya no es el objetivo, lo es el empleo. Esto es así porque, a un nivel muy fundamental, tenemos prácticamente todo lo que necesitamos. Estados Unidos es suficientemente productivo como para poder, probablemente, dar alojamiento, comida, educación e incluso suministrar asistencia sanitaria a toda su población con tan solo una parte de los que trabajamos actualmente.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se producen suficientes alimentos como para proporcionar a todos los habitantes del planeta 2.720 kilocalorías por persona y día. Esto es así incluso después de que Estados Unidos deseché miles de toneladas de cultivos y productos lácteos simplemente para mantener los precios de mercado altos. Mientras tanto, los bancos estadounidenses, saturados de propiedades embargadas, están derribando viviendas vacías para sacar las casas vacías de sus balances.

Nuestro problema no es que no tengamos suficientes cosas, es que

no tenemos suficientes maneras para que la gente trabaje y demuestre que se merece esas cosas.

Parte del problema es que la mayor parte del pensamiento contemporáneo sobre dinero, mercados y cuestiones similares tiene sus raíces en el modelo de escasez. De hecho, una de las definiciones más utilizadas de economía²² es «el estudio de cómo la gente toma decisiones en condiciones de escasez, y los resultados que esas decisiones tienen sobre la sociedad». Como la economía tradicional (que piensa que los mercados son sistemas de equilibrio) es sustituida por la economía de la complejidad (que se ajusta a los datos de manera significativamente mejor y que cree que los mercados son sistemas complejos y adaptativos), podemos comenzar a descubrir un nuevo marco de análisis postescasez, pero no hay garantías de que tal pensamiento tenga como resultado más puestos de trabajo o un sistema de asignación de recursos diferente.

Esto es donde estamos hoy en día. La pregunta principal es ¿qué ocurrirá cuando una inteligencia artificial avanzada, una robótica utilizada ampliamente y el Internet de todas las cosas –una combinación que muchos piensan tendrá la capacidad de gestionar cada trabajo de cada mercado– estén *online*? Una inteligencia artificial potente proporciona la posibilidad de unos ordenadores con una inteligencia superior a la de los humanos, lo que significa que incluso los trabajos creativos que nos vayan quedando a los humanos pronto podrán estar en peligro. «Cuando contemplas la posibilidad de ser capaces de crear seres más inteligentes que nosotros mismos», dice Philip Rosedale, «hay un temor de que si somos esclavizados por nuestras máquinas descendientes, nos veremos obligados a hacer cosas que nos gustan menos que las que estamos haciendo ahora, pero parece difícil imaginar qué serán esas cosas. En una era de abundancia, en la que estamos explotando de manera creciente maneras más y más baratas de crear y modelar el mundo a nuestro alrededor (la realidad virtual y la nanotecnología, por ejemplo), ¿realmente hay algo que podamos hacer para ayudar a las máquinas, cuando quedemos superados por ellas? Creo que el resultado más probable es que aunque nos enfrentemos a máquinas más inteligentes que nosotros en nuestras vidas, podremos existir en los dos lados de una especie de divisoria de cociente de inteligencia digital, y que nuestras vidas no se verán afectadas».

Así, ¿qué queda para los humanos? Veo dos posibilidades claras. En un futuro la sociedad se hace ludita. Aceptamos el consejo de Bill Joy, seguimos los designios del movimiento *slow food*, y comenzamos a hacer marcha atrás con los Amish. Pero esta opción solo funcionará para aquellos que estén dispuestos a olvidar las enormes ganancias que proporciona la tecnología. Este deseo de los «viejos buenos tiempos» se verá atemperado por la realidad de las enfermedades, la ignorancia y las oportunidades perdidas.

En el otro futuro, la mayoría de la humanidad acabará fusionándose con la tecnología, mejorándose a sí mismos tanto física como cognitivamente. Mucha gente se asusta ante este panorama, pero este tipo de transformación ha tenido lugar desde hace siglos. El acto de escribir, por ejemplo, es simplemente el acto de utilizar la tecnología para externalizar la memoria. Las gafas, las lentillas, las partes artificiales del cuerpo (que se extienden desde la pata de palo de madera hasta la pierna artificial, impresa en 3D, de Scott Summit), los implantes cosméticos y cocleares, el programa del ejército de Estados Unidos «supersoldado» y un millón de ejemplos adicionales solo han continuado esta tendencia. Como gurú de la inteligencia artificial y la robótica, Marvin Minsky²³ escribe en *Scientific American*: «En el pasado hemos tendido a vernos a nosotros mismo como el producto final de la evolución, pero nuestra evolución no ha terminado. En efecto, ahora estamos evolucionando de manera más rápida, no de la manera conocida darwiniana, tan lenta. Ha llegado el momento de que comencemos a pensar en nuestro nuevo surgimiento».

Pronto la inmensa mayoría de nosotros estaremos mejorados de un modo u otro, y esto cambiará el paisaje económico completamente. Este nuevo yo mejorado, conectado a la red, que trabaja en mundos virtuales y físicos, generará valor para la sociedad en modos que ni siquiera podemos imaginar hoy en día. Ahora mismo 4.000 personas se están ganando la vida diseñando ropa para los avatares de Second Life,²⁴ pero falta poco para que muchos de nosotros usemos dobles digitales. Así que, aunque 4.000 personas no parezcan un gran mercado, ¿qué ocurrirá cuando sean avatares los que nos representen en congresos internacionales e importantes reuniones de negocios? ¿Cuánto estaremos gastando entonces en ropas y accesorios virtuales?

Imparable

Teniendo en cuenta los temas tratados en los últimos epígrafes, la propuesta de Bill Joy²⁵ de «limitar el desarrollo de las tecnologías que son demasiado peligrosas» no suena tan mal. Pero las herramientas de ayer no están diseñadas para resolver los problemas de mañana. Teniendo en cuenta la gravedad de estas preocupaciones y el avance continuado de la tecnología, poner riendas a nuestra imaginación parece el peor plan posible para sobrevivir. Vamos a necesitar esas herramientas futuras para resolver los problemas futuros si nos tomamos en serio nuestra supervivencia futura.

Además, poner freno a la tecnología simplemente no funcionará. Como confirmó la prohibición de la administración de Bush a las células madre embrionarias de seres humanos, intentar silenciar la tecnología en un lugar solo consigue llevarla a otro sitio. En una entrevista sobre el impacto de esa prohibición, Susan Fisher,²⁶ una profesora de la Universidad de California, en San Francisco, dijo recientemente: «La ciencia es como un el agua, que siempre encuentra su camino, y ahora ha encontrado su camino fuera de Estados Unidos». Todo lo que hizo la decisión de Bush fue externalizar lo que era en origen un producto estadounidense a países como Suecia, Israel, Finlandia, Corea del Sur y Reino Unido. ¿Qué consiguió la prohibición de la Casa Blanca? Simplemente una disminución de la preeminencia científica de Estados Unidos.

También hay razones psicológicas por las que es casi imposible parar la difusión de la tecnología —en otras palabras, ¿cómo suprimes la esperanza? Desde que descubrimos cómo encender fuego, la tecnología ha consistido en cómo sueñan los seres humanos el futuro. Si 150.000 años de evolución nos sirven de algo, es acerca de cómo fantaseamos sobre el futuro. La gente tiene un deseo fundamental de conseguir una vida mejor para ellos y sus familias; la tecnología a menudo es la manera de conseguir que estas fantasías se hagan realidad. La innovación está entretejida con la materia de lo que somos. No podemos impedirla del mismo modo que no podemos anular nuestro instinto de supervivencia. Como concluye Matt Ridley²⁷ en las páginas finales de *El optimista racional*: «Será difícil apagar la llama de la innovación, porque es un fenómeno evolutivo de abajo arriba en un mundo muy interconectado. En la medida en que se permita

que el intercambio humano y la especialización prosperen en alguna parte, la cultura irá evolucionando, la permitan o la entorpezcan los gobiernos, y el resultado será que la prosperidad se difundirá, la tecnología progresará, la pobreza disminuirá, las enfermedades retrocederán, la fecundidad descenderá, la felicidad aumentará, la violencia se atrofiará, la libertad crecerá, el conocimiento florecerá, el medio ambiente mejorará y la naturaleza en su forma más prístina se expandirá».

Claro que siempre va a haber unas cuantas resistencias (una vez más, los Amish), pero la inmensa mayoría de nosotros estamos aquí con ganas de hacer este viaje. Y como ya debería estar claro, va a ser un viaje apasionante.

Notas

Primera parte: Perspectiva

Capítulo 1: Nuestro mayor desafío

La lección del aluminio

- 1 Hay una tonelada de información sobre Plinio. Un buen punto de inicio es John Healy, *Pliny the Elder: Natural History, A Selection*, Penguin Classics, 1991.
- 2 Si estás buscando un breve historia, vete a la página web del Instituto Internacional del Aluminio, www.world-aluminum.org/Home. Si quieres una visión muy minuciosa: Joseph William Richards, *Aluminum: Its History, Occurrence, Properties, Metallurgy, and Application, Including Its Alloys*, Nabu Press, 2010.
- 3 Nicolai Oourussoff, «In Arabian Desert, A Sustainable City Rises», *New York Times*, 25 de septiembre de 2010.
- 4 www.oneplanetliving.org/index.html
- 5 La NASA es responsable de calcular por primera vez lo que hoy es conocido como «Presupuesto Energético de la Tierra». Su página cubre el asunto de manera bastante minuciosa: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance>.

Los límites del crecimiento

- 6 Thomas Malthus, *Ensayo sobre el principio de la población*, Akal, 1990.
- 7 Ibíd.

- 8 El Doctor Martin Luther King Jr., 5 de mayo de 1966. La Federación de Paternidad Planificada de Estados Unidos dio al Doctor King el Premio Margarete Sanger. Esta cita procede de su discurso de aceptación.
- 9 Paul Ehrlich, *La explosión demográfica*, Salvat, 1994.
- 10 Para todas las cuestiones relacionadas con el Club de Roma ir a la página web www.clubofrome.org.
- 11 Donella H. Meadows, *Los límites del crecimiento*, Fondo de Cultura Económica, 1972.
- 12 Julie Eilperin, *Washington Post*, 7 de octubre de 2008.
- 13 Ransom A. Myers, Boris Worm, *Nature* 423 (15 de mayo de 2001), pp. 280-283.
- 14 Mathew Power, «Peak Water», *Wired*, 21 de abril de 2008.
- 15 Marion King Hubbert, «Nuclear Energy and the Fossil Fuels». Encuentro de primavera del Distrito Sur, Instituto Estadounidense del Petróleo (junio de 1956). Con un pdf disponible aquí: www.hubbertpeak.com/hubbert/1956/1956.pdf.
- 16 Para una buena reseña sobre el final del uranio, www.theoil-drum.com/node/5060.
- 17 Patrick Dery, Bart Anderson, «Peak Phosphorus», *Energy Bulletin*, 13 de agosto de 2007. Disponible en: www.energybulletin.net/node/33164.
- 18 El Programa Mundial de Alimentos de Naciones Unidas da una visión general en www.wfp.org/hunger.
- 19 Water.org da una estupenda visión general en: water.org/learn-about-the-water-crisis/facts.
- 20 Se han llevado a cabo más de sesenta estimaciones de la capacidad de aguante de la tierra. Para un gran visión de toda la investigación: Joel E. Cohen, *How Many People Can the Earth Support*, W. W. Norton & Company, 1996.
- 21 One Planet, Servicio Mundial de la BBC, 31 de marzo de 2009.
- 22 Susan Bachrach, «In the Name of Public Health-Nazi Racial Hygiene», *New England Journal of Medicine*, vol. 351 (julio, 2004), pp. 417-420.
- 23 »The Indira Enigma», *Frontline*, 11 de mayo de 2001.
- 24 Laura Fitzpatrick, «A Brief History of China's One-Child Policy», *Time*, 27 de julio de 2009.
- 25 »Women in China», Amnistía Internacional, junio de 1995.

- 26 www.xprize.org; una lista completa de la junta directiva está disponible en www.xprize.org/about/board-of-trustees; una lista completa de nuestros Benefactores del Círculo de Visión está disponible en www.xprize.org/about/vision.circle.

La posibilidad de la abundancia

- 27 Bob Tortora y Magali Rheault, «Mobile Phone Access Varies Widely in Sub-Saharan Africa», Gallup, 16 de septiembre de 2011. También: «Mobile Phone Penetration in Indonesia Triples in Five Years», *Nielsen Wire*, 23 de febrero de 2011; Jagdish Rebello, «India Cell Phone Penetration Reaches 97 Percent in 2014», *iSuppli*, 22 de septiembre de 2010; «The World in 2010: The Rise of 3G», International Telecommunications Union, disponible en: www.itu.int/ITU-D/ict/material/FactsFigures2010.pdf; Jenny C. Aker e Isaac M. Mbiti, «Mobile Phones and Economic Development in Africa», *Journal of Economic Perspectives* 24, n° 3 (verano de 2010), pp. 207-232.
- 28 Se ha escrito mucho sobre Burt, y entramos en mucho mayor detalle más tarde en este libro, pero véase también: Dan Linehan, *Burt Rutan's Race to Space: The Magician of the Mojave and His Flying Innovations*, Zenith Press, 2011.
- 29 Jamie Shreeve, «The Blueprint of Life», *US News & World Report*, 31 de octubre de 2005.

Capítulo 2: Construir la pirámide

El problema de las definiciones

- 1 www.census.gov/hhs/www/poverty/about/overview/measure.html.
- 2 Martin Ravallion, Shaohua Chen, Prem Sagraula, «Dollar A Day Revisited», World Bank Policy Research Institute Working Paper N. 4620, 22 de junio de 2008.
- 3 Guía de 2008 de la Salud y de los Servicios Humanos de la Pobreza: <http://aspe.hhs.gov/poverty/08poverty.shtml>.
- 4 Matt Ridley, *El optimista racional*, Taurus, 2011.

Una definición práctica

- 5 Organización Mundial de la Salud, *Informe sobre la salud en el mundo 2004- Cambiemos el rumbo de la historia*, OMS, 2004.
- 6 Edward Hoffman, *The Rights to Be Human: A Biography of Abraham Maslow*, St. Martin's Press, 1988.
- 7 A. H. Maslow, «A Theory of Human Motivation», *Psychological Review* 50, n.º 4 (1943), pp. 370-396.

La base de la pirámide

- 8 2005 Dietary Guidelines Advisory Committee, *Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans*; USDA & HHS, enero de 2005, disponible en: www.health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/default.htm.
- 9 La cifra está basada en investigaciones de la FDA sobre ingesta diaria de calorías. Para una visión de donde lo sacó la FDA: Marion Nestle, «Where Did the 2.000-Calorie Diet Idea Come From», *Foodpolitics.com*, 3 de agosto de 2011.
- 10 Organización Mundial de la Salud, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Cuerpo especial de VAVG, *Vitamin A Supplements*, Organización Mundial de la Salud, 1997.
- 11 Este es un cálculo complicado ya que hay muy mala información sobre el uso del agua en los países en vías de desarrollo. Todos nuestros datos están basados en el trabajo realizado por Peter Gleick en el Instituto Pacífico para Estudios en Desarrollo, Medio Ambiente y Seguridad, con una advertencia. Los cálculos de Gleick varían dependiendo de qué tipo de sanitarios estén disponibles (letrina exterior, lavabo, etc.). Los nuestros ignoran viejas tecnologías y se basan en lo que ocurre cuando empiezan a usarse los baños sin agua que se tratan en el capítulo 8. Véase Peter Gleick, «Basic water requirements for human activities: Meeting Basic Needs». *Water International* 21, n.º 2 (1996), pp. 88-92.
- 12 Harvey Herr, Guenter Karl, «Estimating Global Slum Dwellers: Monitoring the Millennium Development Goal 7, Target 11», documento de trabajo de UN-HABITAT, Nairobi, 2009, p. 19.
- 13 Thomas Friedman, *La Tierra es plana*, MR Ediciones, 2006.

Las ventajas del agua

- 14 water.org/learn-about-the-water-crisis/facts.
- 15 »Burden of Disease and Cost-Effectiveness Estimates», Organización Mundial de la Salud, disponible en www.who.int/water_sanitation_health/disease/burden/en.
- 16 water.org/learn-about-the-water-crisis/facts.
- 17 Peter Gleick, *Dirty Water: Deaths From Water-Related Disease 2000-2020*, Informe del Instituto Pacífico, 15 de agosto de 2002.
- 18 Kevin Watkins, *Informe de desarrollo humano 2006-más allá de la escasez. Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*, Programa de Desarrollo de Naciones Unidas, 2006.
- 19 M. Abouharb y A. Kimball, «A New Dataset of Infant Mortality, 1816-2002», *Journal of Peace Research* 4, n.º 6 (2007), pp. 745-756.
- 20 Esto aparece en las preguntas y respuestas que siguen a la conferencia TED de Gates «Bill Gates on Mosquitoes, Malaria, and Education», febrero de 2009. Véase www.ted.com/index.php/talks/bill_gates_unplugged.html.
- 21 Anthony Ham, *Lonely Planet Country Guide: Morocco*, Lonely Planet Publications, 2007, p. 47.
- 22 Entrevista personal con John Oldfield, 2010.

La búsqueda de la catalaxia

- 23 Friedrich A. Hayek, *Derecho, legislación y libertad*, volumen 2, Unión Editorial.
- 24 Ridley, *El optimista racional*.
- 25 »Social Statistics in Nigeria», National Bureau of Statistics, República Federal de Nigeria, 2009, pp. 23-26.
- 26 www.physics.uci.edu/silverma/actions/HouseholdEnergy.html; Media de Estados Unidos: la media total de uso de electricidad en los hogares es 6.000 kWh de electricidad y adicionalmente 12.000 kWh de gas equivalente. Si miramos solo a la electricidad el hogar medio consume 16,4 kWh por día de electricidad.
- 27 Organización Mundial de la Salud, *Health and Environment in Sustainable Development: Five Years After the Earth Summit* (OMS, Ginebra, 1997), Cuadro 4.4.

- 28 N. G. Bruce, R. Pérez-Padilla, R. Albalak, *Contaminación del aire de locales cerrados en los países en desarrollo*, Organización Mundial de la Salud, 2002.
- 29 ONU FAO Informe Forestal 2007, <http://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0773e/a0773e09.pdf>.p.27.
- 30 El término ha sido utilizado por los científicos durante años, pero se difundió ampliamente después de la publicación de Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, 2005.
- 31 Robert Constanza et al., «The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital», *Nature* 387, 15 de mayo de 1997, pp. 253-260.
- 32 Paul Hawken, «Natural Capitalism», *Mother Jones*, abril de 1997.

Leer, escribir y prepararse

- 33 Bernie Trilling, Charles Fadel, *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*, Jossey-Bass, 2009.
- 34 »Ken Robinson Says Schools Kill Creativity«, Conferencia TED, junio de 2006, Véase: www.ted.com/talks/ken_robinson_says_schools_kill_creativity.html.
- 35 Ibíd.
- 36 Entrevista personal, pero también véase: <http://laptop.org/en/laptop/software/index.shtml>.

Abriendo el grifo de la información

- 37 Véase: <http://oneworldgroup.org/mobile4good-kazi560-kenya>.
- 38 The Worldwatch Institute, *State of the World 2011: Innovations That Nourish the Planet*, Worldwatch Institute, 2011.
- 39 »Kenya in Crisis«, BBC, 8 de enero de 2007.
- 40 Jack Ewing, «Upwardly Mobile in Africa», *Bloomberg Businessweek*, 13 de septiembre de 2007.
- 41 Nota de prensa de Nokia: <http://press.nokia.fr/2005/09/21/nokia-introduces-nokia2652-fold-design-for-new-growth-markets-major-milestone-reached-one-billionth-nokia-mobile-phone-sold-this-summer>.

La cima de la pirámide

- 42 Organización Mundial de la Salud, *Informe sobre la salud en el mundo 2005 -¿cada madre y cada niño contarán!»,* OMS, Ginebra, 2005.
- 43 PricewaterhouseCoopers LLP, «The Science of Personalized Medicine: Translating the Promise into Practice», PricewaterhouseCoopers, 2010.

Libertad

- 44 Amartya Sen, *Desarrollo y libertad*, Planeta, 2000.
- 45 Jurgen Habermas, *Historia y crítica de la opinión pública*, Gustavo Gili, 1981.
- 46 Véase: www.cnn.com/2009/TECH/11/18/to.internet.moments/index.html.
- 47 Patrick Quirk, «Iran's Twitter Revolution», *Foreign Policy in Focus*, 17 de junio de 2009.
- 48 Association for Progressive Communications, «ICTs for Democracy: Information and Communication Technologies for the Enhancement of Democracy», Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA), 2009. La propia cita procede de un artículo resumido publicado por SIDA en www.digitalopportunity.org/feature/democracy-and-icts-in-africa.

Capítulo 3: Ver el bosque a través de los árboles

Daniel Kahneman

- 1 Kahneman ganó el Premio Nobel de Economía en 2002. Esto procede de su autobiografía, disponible aquí: www.nobleprize.org/nobel_prize/economics/laureates/2002/kahnman-autobiography.
- 2 Ibíd.

Sesgos cognitivos

- 3 Daniel Kahneman, Paul Slovic, Amos Tversky, *Judgement Under*

- Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press, 1982, pp. 4-5.
- 4 Amos Tversky, Daniel Kahneman, «Judgement Under Uncertainty», *Science* 185, n.º 4157 (1974), pp. 1.124-1.131.
 - 5 Jim Rutenberg y Jackie Calmes, *New York Times*, 13 de agosto de 2009.
 - 6 Entrevista personal con Daniel Kahneman, 2010.
 - 7 D. T. Gilbert, S. J. Blumberg, E. C. Pinel, T. D. Wilson, T. P. Wheatley, «Immune Neglect: A Source of Durability Bias in Affective Forecasting», *Journal of Personality and Social Psychology* 75, n.º 3 (1998), pp. 617-638.
 - 8 Entrevista personal.

Si hay sangre, hay audiencia

- 9 Obviamente se ha llevado a cabo una enorme cantidad de trabajo sobre la amígdala, pero la gente de HowStuffWorks proporciona una visión de conjunto fantástica: <http://science.howstuffworks.com/environment/life/human-biology/fear.htm>.
- 10 La cita es de una entrevista personal con David Eagleman pero, dice lo mismo en *Incognito: The Secret Lives of the Brain*, Pantheon Books, 2011, p. 26.
- 11 Marc Siegel, *False Alarm: The Truth About the Epidemic of Fear*, Wiley, 2005, p. 15.
- 12 John Naish, «Warning: Brain Overload», *Sunday Times* de Londres, 2 de junio de 2009.

“No es de extrañar que estemos agotados»

- 13 Propuesto inicialmente en: Ray Kurzweil, *La era de las máquinas espirituales*, Planeta, 1999., ha sido reimpresso como artículo separado, véase: Ray Kurzweil, «The Law of Accelerating Returns», www.kurzweil.net/the-law-of-accelerating-returns.
- 14 Michiko Kakutani, «Data Smog: Created by Information Overload», edición digital del *New York Times*, 8 de junio de 1997.
- 15 Eric Schmidt, Abu Dhabi Media Summit Keynote, Abu Dhabi 2010 Media Summit, 12 de marzo de 2010.

- 16 Esto apareció por primera vez en la página web de Kelly, www.kk.org/thetechnium/archives/2008/11/the_origins_of.php, y posteriormente en *What Technology Wants*, Viking, 2010, p. 88.
- 17 Suzy Jagger, «Kodak Faces Break-Up After Fall in Digital Product Sales», *Times* de Londres, 11 de diciembre de 2008.
- 18 Michael J. de la Merced, «Blockbuster, Hoping to Reinvent Itself, Files for Bankruptcy», *New York Times*, 23 de septiembre de 2010.
- 19 Yuki Noguchi, «A Broken Record Store», *Washington Post*, 23 de agosto de 2006.
- 20 Andrew Ross Sorkin y Jeremy W. Peters, «Google to Acquire YouTube for \$1.65 Billion», *New York Times*, 9 de octubre de 2000.
- 21 Eric Savitz, «Groupon Says No to Google's \$6 Billion Bid? Really?», *Forbes*, 4 de diciembre de 2010.
- 22 Jackie Fenn, «Understanding Hype Cycles», *When to Leap on the Hype Cycle*, Gartner Group, 2008.

El número de Dunbar

- 23 Aleks Krotoski, «Robin Dunbar: We Can Only Have 150 Friends at Most», *Guardian*, 14 de marzo de 2010.
- 24 NPR Staff, «Don't Believe Facebook: You Only Have 150 Friends», National Public Radio, *All Things Considered*, 4 de junio de 2011.
- 25 Robin Dunbar, *How Many Friends Does One Person Need?: Dunbar's Number and Other Evolutionary Quirks*, Harvard University Press, 2010, pp. 4–5.
- 26 Robin Dunbar, *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*, Harvard University Press, 1998.

Capítulo 4: No es tan malo como piensas

Este pesimismo quejoso

- 1 Entrevista personal con Matt Ridley, 2010.
- 2 www.epa.gov/region1/eco/acidrain/history.html.

- 3 Frederic Golden, Jay Branegan, John M. Scott, «Environment: Storm over a Deadly Downpour», *Time*, 6 de diciembre de 1982.
- 4 Nina Shen Rastogi, «Whatever Happened to Acid Rain», *Slate*, 18 de agosto de 2009. Véase www.slate.com/id/2225509.

Tiempo ahorrado y vidas salvadas

- 5 C. M. Blackden y Q. Wooden, *Gender, Time Use, and Poverty in Sub-Saharan Africa*, Banco Mundial, 2006.
- 6 Matt Ridley, «Cheer Up: Life Only Gets Better», *Sunday Times*, 16 de mayo de 2010.
- 7 Matt Ridley, *El optimista racional*, Taurus, 2011.
- 8 Horse Genome Project: www.uky.edu/Ag/Horsemap/hgpfaq4.html.
- 9 La distancia es de aproximadamente 1.600 km. Las diligencias recorrían una media de entre 6 y 11 km por hora, o de 80 a 110 km al día.
- 10 Thor Heyerdahl, *La expedición de la «Kon Tiki»*, Juventud, 1986.
- 11 Ridley, *Ibíd.*, p. 12.
- 12 National Council of Applied Economic Research, «How India Earns, Spends, and Saves», 1 de agosto de 2010.
- 13 »Indicadores del desarrollo mundial», Banco Mundial, 2004.
- 14 Ridley, *Ibíd.*, p. 15.
- 15 *Ibíd.*, p. 15.
- 16 F. A. Hayek, *Los fundamentos de la libertad*, Unión Editorial, 1998.
- 17 Charles Kenny, *Getting Better: Why Global Development Is Succeeding—and How We Can Improve the World Even More*, Basic Books, 2011, pp. 85–86.
- 18 Steven Pinker, «A History of Violence», *New Republic*, 19 de marzo de 2007.
- 19 Kenny, *Ibíd.*, p. 134.
- 20 Pinker, *Ibíd.*

Progreso acumulativo

- 21 Matt Ridley, «When Ideas Have Sex», TED, julio 2010. Véase: www.ted.com/talks/matt_ridley_when_ideas_have_sex.html.

- 22 Isaac Newton, Carta a Robert Hooke, 15 de febrero de 1676.
- 23 Ridley, Ibíd.
- 24 J. Bradford DeLong, «Estimating World GDP, One Million B.C.-Presenta, Departamento de Economía, UC Berkeley, 24 de mayo de 1998.
- 25 Ridley, Ibíd.
- 26 Entrevista personal con Dean Kamen, 2010.

Las mejores estadísticas que hayas visto nunca

- 27 Hans Rosling, “Hans Rosling Shows Best Stats You’ve Ever Seen», TED, junio de 2006.
- 28 Hans Rosling, «Han’s Rosling’s 200 Countries, 200 Years, 4 Minutes», BBC Four, 26 de noviembre de 2010.

Segunda parte: Tecnologías exponenciales

Capítulo 5: Ray Kurzweil y el botón para ir rápido

Mejor que tu arúspice promedio

- 1 No por casualidad fue un arúspice el que advirtió a Julio César sobre los idus de marzo.
- 2 La mayor parte de la información de este apartado procede de entrevistas personales con Ray Kurzweil, pero Kurzweil Tech tiene una biografía muy buena: www.kurzweiltech.com/ray-bio.html; entrevistas personales con Ray Kurzweil 2010.

Una curva en un trozo de papel

- 3 La investigación original fue realizada por Damien Broderick en *The Spike: How Our Lives Are Being Transformed by Rapidly Advancing Technologies*, Tor Books, 2002, pero se refirió a ella Kevin Kelly en su blog, The Technium: «Was Moore's Law Inevitable», Disponible en www.kk.org/thetechnium/archives/2009/07/was_moores_law.php.
- 4 Gordon Moore, «Cramming More Components onto Integrated Circuits», revista *Electronics*, 19 de abril de 1965.
- 5 “‘Moore's Law’ Predicts the Future of Integrated Circuits», Computer History Museum, véase: www.computerhistory.org/semiconductor/timeline/1965_Moore.html.
- 6 Véase www.computerhistorymuseum.li/Testpage?osborneExecSpecs.htm.

- 7 Véase <http://support.apple.com/kb/SP2>.
- 8 Entrevista personal con Ray Kurzweil, 2010.

Google en el cerebro

- 9 Kurzweil, «The Law of Accelerating Returns», Ibíd.
- 10 Ray Kurzweil, *The Age of Intelligent Machines*, MIT Press, 1992.
- 11 Para una lista exhausta de las predicciones de Kurzweil: http://en.wikipedia.org/wiki/Predictions_made_by_Ray_Kurzweil.
- 12 Ray Kurzweil, *La era de las máquinas espirituales*, Planeta, 1999.
- 13 La mayoría de la gente tiene algo así como un ordenador Pentium con Windows, o un Macintosh. Un ordenador de este tipo puede realizar aproximadamente cien millones de instrucciones por segundo (10^{11}), <http://computer.howstuffworks.com/question54.htm>.
- 14 Existen muchas estimaciones respecto a la velocidad aproximada de procesamiento. Hans Morvec, investigador científico principal del Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon, calcula que la capacidad de procesamiento probable de la mente está en torno a cien teraflops, aproximadamente cien billones de cálculos por segundo, www.wired.com/techbiz/it/news/2002/11/56459; Ralph C. Merkle, en su artículo del Foresight Institute paper (www.merkle.com/brainLimits.html), calcula la velocidad en una horquilla entre 1.012 y 1.016 cálculos por segundo. A efectos de este libro se utiliza la cifra más conservadora.
- 15 Steven Levy, *In the Plex: How Google Thinks, Works, and Shapes Our Lives*, Simon & Schuster, 2011, p. 67.

La universidad de la singularidad

- 16 Jeffrey E. Garten, «Really Old School», *New York Times*, 9 de diciembre de 2006.
- 17 Thomas E. Woods Jr., *Cómo la iglesia construyó la civilización occidental*, Ciudadela Libros, 2010.
- 18 Mi especialidad en el MIT era el Curso 7, que recibía el nombre de Biología, pero Genética Molecular describe mejor mis intereses e investigación.

- 19 Arquímedes, 230 a.C.
- 20 Se me ocurrió la idea de la Singularity University cuando estaba haciendo *trekking* en Patagonia (en Chile) con mi mujer, Kristen. A mi regreso discutí del concepto con Robert D. Richards, cofundador de International Space University, y Michael Simpson, presidente de ISU. ISU era una universidad que fundé junto a Richards y Todd B. Hawley en 1987. Después de recibir comentarios entusiastas de Richards y Simpson, presenté la idea a Kruzweil, que abrazó el concepto en nuestra primera conversación cenando.

Capítulo 6: La singularidad está más cerca

Un viaje a mañanalandia

- 1 www.jvci.org/; entrevistas personales con with Craig Venter, 2010 y 2011.
- 2 Nicholas Wade, «Scientists Complete Rough Draft of Human Genome», *New York Times*, 26 de junio de 2006.
- 3 Para una visión de conjunto del proyecto sólida, véase James Shreeve, «Craig Venter's Epic Voyage to Redefine the Origin of the Species», *Wired*, agosto de 2004.
- 4 Para una visión general de los biocombustibles a partir de algas, véase Andrew Pollack, «Exploring Algae as Fuel», *New York Times*, 26 de julio de 2010.
- 5 Shreeve, *Wired*, Ibíd.
- 6 Entrevista personal interview con Craig Venter, 2010.

Redes y sensores

- 7 ICANN tiene una biografía potente de Cerf here: www.icann.org/en/biog/cerf.htm.
- 8 Si quieres ver la charla: www.youtube.com/watch?v=KeALwlp9YmA.
- 9 El término se utilizó por primera vez por Kevin Ashton, véase Kevin Ashton, «That «'Internet of Things' Thing», *RFID Journal*, 22 de junio de 1999.

- 10 Mike Wing, «The Internet of Things», IBMSocialMedia, 15 de marzo de 2010.
- 11 Bruce Sterling, «Spime Watch: The Internet of Things, a Window to Our Future», *Wired*, 11 de febrero de 2011.
- 12 Véase www.planetaryskin.org.
- 13 Bruce Sterling, «Spime Watch: Cisco and the IPV6 Internet-of-Things», *Wired*, 7 de mayo de 2011.
- 14 Conferencia en la Singularity University, 3 de octubre de 2009.

Inteligencia artificial

- 15 Este «paseo» de prueba en realidad fue hecho por Steven Kotler. Peter Diamandis tuvo una experiencia similar en el Prius autónomo de Google.
- 16 Stefanie Olsen, «Stanford Robot Passes Driving Test», CNET, 14 de junio de 2007.
- 17 W. Wayt Gibbs, «Innovations from a Robot Rally», *Scientific American*, 26 de diciembre de 2005.
- 18 Ley de la Asamblea N.º. 511—Committee on Transportation; véase: www.leg.state.nv.us/Session/76th2011/Bills?AB/AB511_EN.pdf.
- 19 Entrevista personal con Sebastian Thrun, 2010.
- 20 Véase <http://www.templetons.com/brad/robocars/>.
- 21 Entrevista personal con Ray Kurzweil, 2010.
- 22 Stephen Shankland, «IBM Chips: Let There Be Light Signals», CNET, 1 de diciembre de 2010.
- 23 Véase Ferris Jabr, «IBM Unveils Microchip Based On Human Brain», *New Scientist*, agosto de 2011. Y www.ibm.com/smarterplanet/us/en/business_analytics/article/cognitive_computing.html.

Robótica

- 24 Levy, *In the Plex*, Ibíd., pp. 22–23.
- 25 David Kleinbard, «Yahoo! To Buy eGroup», CNN.com, 28 de junio de 2000.
- 26 www.willowgarage.com.
- 27 www.youtube.com/user/WillowGaragevideo.

- 28 Entrevista personal con Scott Hassan, 2010.
- 29 Presentación en YouTube por Scott Hassan (<http://www.youtube.com/watch?v=OF7cr8kIRGI>).
- 30 Jackie Calmes, «President Announces an Initiative in Technology», *New York Times*, 24 de junio de 2011.
- 31 «US Shifts Focus to Multipurpose Robotic Development», UPI, 28 de junio de 2011.

Manufactura digital y computación infinita

- 32 Ashlee Vance, «3-D Printing Spurs a Manufacturing Revolution», *New York Times*, 13 de septiembre de 2010.
- 33 Para un paseo asombroso por este mundo mira la gran charla de nuestro diseñador industrial en SU: www.youtube.com/watch?v=6IJ8vld4HF8.
- 34 «Making a Bit of Me: A Machine That Prints Organs Is Coming to Market», *Economist*, 18 de febrero de 2010.
- 35 <http://craft.usc.edu/CC/modem.html>.
- 36 www.madeinspace.us.
- 37 Entrevista personal con Carl Bass, 2010.
- 38 Hod Lipson, «3-D Printing: The Technology That Changes Everything», *New Scientist*, 3 de agosto de 2011.
- 39 Entrevista personal con Carl Bass, 2011.

Medicina

- 40 Richard M. Scheffer, Jenny X Liu, Yohannes Kinfu, Mario R. Dal Poz, «Forecasting the Global Shortage of Physicians: An Economic-and-Needs-Based Approach», *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, 2007.
- 41 Suzanne Sataline and Shirley S. Wang, «Medical Schools Can't Keep Up», *Wall Street Journal*, 12 de abril de 2010.
- 42 «Artificial Intelligence Helps Diagnose Cardiac Infections», Mayo Clinic Newsletter, 12 de septiembre de 2009. See: <http://www.mayoclinic.org/news2009-rst/5411.html>.
- 43 El radiólogo de la Universidad de Chicago Kenji Suzuki está a la vanguardia de gran parte de este trabajo. Su página web es una buena introducción : <http://suzukilab.uchicago.edu>.

- O véase Tom Simonite, «A Search Engine for the Human Body», *MIT Technology Review*, 11 de marzo de 2011.
- 44 Curt G. Degroff, et al., «Artificial Neural Network–Based Method of Screening Heart Murmurs in Children», *Circulation: Journal of the American Heart Association*, 25 de junio de 2001.

Nanomateriales y nanotecnología

- 45 Richard P. Feynman, «Plenty of Room at the Bottom», presentado a la American Physical Society en Pasadena, California, diciembre de 1959.
- 46 Eric Drexler, *La nanotecnología. El surgimiento de las máquinas de creación*, Gedisa, 1993.
- 47 Ibíd.
- 48 George Elvin, «The Nano Revolution», *Architect*, mayo de 2007.
- 49 Xiangnan Dang, Hyunjung Yi, Moon-Ho Ham, Jifa Qi, Dong Soo Yun, Rebecca Ladewski, Michael Strano, Paula T. Hammond, Angela M. Belcher, *Nature Nanotechnology* 6, 24 de abril de 2011, pp. 377–384.
- 50 H. W. Kroto et al., «C(60): Buckminsterfullerene», *Nature* 318, 14 de noviembre de 1985, pp. 162–163.
- 51 Kelly Hearn, «The Next Big Thing (Is Practically Invisible)», *Christian Science Monitor*, 24 de marzo de 2003.

¿Estás cambiando el mundo?

- 52 El equipo original que ayudó a organizar y apoya la conferencia inaugural incluye a: S. Pete Worden, Chris Boshuizen, Will Marshall, Bob Richards, Michael Simpson, Susan Fonseca-Klein, y Bruce Klein (a estos dos últimos se les llamó «arquitectos fundadores» por su extraordinaria ayuda para realizar la lista de invitados). También ayudaron Karen Bradford, Amara D. Angelica, Gary Martin y Donald James.
- 53 Ray Kurzweil dió una conferencia TED en la SU disponible aquí: www.ted.com/talks/ray_kurzweil_announces_singularity_university.html.
- 54 Salim Ismail, que se convertiría en nuestro primer director ejecutivo; Barney Pell y Sonia Arrison, que se convertirían en fun-

dadores asociados y miembros del consejo de administración; y Moses Znaimer, Keith Kleiner, y Georges Harik, que fueron nuestros primeros fundadores asociados. Aquellos que participaron y que regresarían como profesores incluyen a: Neil Jacobstein (último presidente de SU), Ralph Merkle, Rob Freitas, Harry Kloor, George Smoot, Larry Smarr, Philip Rosedale, Dharmendra Modha, Aubrey de Grey, Stephanie Langhoff, Chris Anderson y Jamie Canton.

55 Aunque no existe un vídeo *online* de esta primera conferencia, en una breve charla dada en la ceremonia inaugural del programa de graduación del verano de 2010, Larry hace referencia a su conferencia anterior:www.youtube.com/watch?v=eF1HAG3Ru9I.

56 <http://singularityu.org>.

Tercera parte: Construir la base de la pirámide

Capítulo 7: Los instrumentos de la cooperación

Las raíces de la cooperación

- 1 Obviamente hay millones de referencias potenciales aquí, pero para una buena visión del mundo microbiano es muy difícil de superar: Lynn Margulis y Dorian Sagan, *Microcosmos*, Tusquets, 1995.
- 2 Lynn Margulis, *Planeta simbiótico: un nuevo punto de vista sobre la evolución*, Debate, 2002.
- 3 Estas cifras varían considerablemente, pero diez billones es una cifra bastante conservadora. Bill Bryson, en su fabuloso y muy creíble *Una breve historia de casi todo*, sitúa la cifra en los trillones.
- 4 Paul Ingraham, «Ten Trillion Cells Walked Into a Bar», *Arts & Opinion* 6, n.º 1 (2007).
- 5 La lógica del destino humano: la cita procede de una conferencia TED de Wright (www.ted.com/talks/robert_wright_on_optimism.html), pero el libro en el que está basada la conferencia es fantástico: Robert Wright, *Nadie pierde: la teoría de juegos y la lógica del destino humano*, Tusquets, 2005.

De los caballos al Hércules

- 6 Christopher Corbett, *Orphans Preferred: The Twisted Truth and Lasting Legend of the Pony Express*, Broadway, 2004, p. 5.

- 7 Ibíd., p. 195.
- 8 Michael Paterniti, «The American Hero in Four Acts», *Esquire*, 1998.
- 9 Jeffery Sachs, *Economía para un planeta abarrotado*, Debate, 2008.

Oro en las montañas Dem

- 10 www.robmcewen.com y entrevista personal con Rob McEwen, 2010.
- 11 Gary Rivlin, «Leader of the Free World: How Linus Torvalds Became Benevolent Dictator of Planet Linux, the Biggest Collaborative Project in History», *Wired*, 11 de noviembre de 2003.
- 12 La mayor parte de este epígrafe está basado en una serie de entrevistas personas con McWewn, pero para una buena historia del Desafío Goldcorp, véase: Linda Tischler, «He Struck Gold on the Net (Really)», *Fast Company*, 31 de mayo de 2002.
- 13 Este principio relacionado con un tema, es conocido en el mundo del *management* como la ley de Joy.
- 14 Clay Shirky, *Excedente cognitivo*, Ediciones Deusto, 2012.
- 15 Mientras que Shirky escribe sobre Wikipedia a lo largo de *Excedente cognitivo*, esta cita es de una conferencia que dio en la SU en julio de 2010.

Un Android barato

- 16 David Talbot, «Android Marches on East Africa», *Technology Review.com*, 23 de junio de 2011.
- 17 *Informe sobre Desarrollo Humano*, Naciones Unidas, 2007–2008, véase hdr.undp.org.
- 18 «India Launches World's Cheapest Tablet», *International Business Times*, 6 de octubre de 2011.
- 19 Shabnam Mahmood y Manjushri Mitra, «Bollywood Sets Sights on Wider Market», *BBC Asian Network*, 24 de junio de 2011.
- 20 Estas cifras fueron anunciadas por YouTube el 25 de mayo de 2011. Véase: <http://youtube-global.blogspot.com/2011/05/thanks-youtube-community-for-two-big.html>.
- 21 Esto ocurría en 2009. En mayo de 2011 YouTube anunció que

había alcanzado 3.000 millones de visionados al día, un aumento del 50 por ciento respecto al año anterior.

22 Entrevista personal con Salim Ismail, 2011.

Capítulo 8: Agua

Agua por agua

- 1 Este epígrafe está basado fundamentalmente en entrevistas personales con Thum, pero él cuenta esta historia en una pieza para website/video blog, *Big Think*; véase: «The Prius of Bottled Water», www.bigthink.com/ideas/39293.
- 2 Howard Schultz, *El desafío Starbucks: cómo Starbucks luchó por su vida sin vender su alma*, Aguilar, 2011.
- 3 Para un análisis ligeramente desfasado pero realmente bueno sobre las cuestiones, véase Peter Gleick, *Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources*, Oxford University Press, 1993.
- 4 Korinna Horta, «The World Bank's Decade for Africa: A New Dawn for Development Aid», *Yale Journal of International Affairs*, mayo de 2005.
- 5 Entrevista personal con Dean Kamen, 2011.
- 6 Para un análisis bastante exhaustivo, véase la lista de American Water: www.amwater.com/learning-center/water-101/what-is-water-used-for.html.
- 7 Según la FAO, véase <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2007/1000520/index.html>
- 8 A. Y. Hoekstra, A. K. Chapagain, «Water footprints of nations: Water use by people as a function of consumption pattern», *Water Resource Management*, vol. 21, pp. 35-48.
- 9 John Robbins, *A Diet for a New America*, Stillpoint Publishing, 1987, p. 367.
- 10 James Hughes, *Fact Sheet: Foodborne and Water-Related Diseases: A National and Global Update*, National Foundation for Infectious Diseases News Conference and Symposium on Infectious Diseases, 11 de julio de 2007.
- 11 Hoekstra y Chapagain, *Ibíd.*

- 12 *Energy Demands on Water Resources: Report to Congress on the Interdependencies of Energy and Water*, Sandia National Laboratory. Esta es una visión increíblemente exhaustiva de los vínculos entre energía y agua: www.sandia.gov/energy-water/docs/121-RptToCongress-EWwEIAcomments-FINAL.pdf.
- 13 Edward Miguel, Shanker Satyanath, Ernest Sergenti, «Economic Shocks and Civil Conflict: An Instrumental Variables Approach», *Journal of Political Economy* 112, n.º 4 (2004), pp. 725–753.
- 14 Naciones Unidas tiene un buen informe sobre el tema aquí: www.un.org/waterforlifedecade/transboundary_waters.shtml.
- 15 Peter Gleick, «Dirty Water: Estimated Deaths from Water-Related Diseases, 2000–2020», the Pacific Institute, 2002.
- 16 Peter Gleick, *Bottled and Sold: The Story Behind Our Obsession with Bottled Water*, Island Press, 2011, p. 5.
- 17 *Ibíd.*, pp. 64-68.

Dean contra Goliat

- 18 Se llevaron a cabo varias conversaciones largas con Kamen durante 2010 y 2011, pero para más información *Wired* publicó un perfil consistente: Scott Kirsner, «Breakout Artist», *Wired*, September 2000.
- 19 John Markoff, «Dean Kamen Lends a Hand, or Two», *New York Times*, 8 de agosto de 2007.
- 20 Para una demostración en vivo del Slingshot en *The Colbert Report*: www.colbertnation.com/the-colbert-report-videos/164485/march-20-2008/dean-kamen.
- 21 Entrevista personal con Jonathan Greenblatt, 2011.
- 22 Entrevista personal con Rob Kramer, 2010.
- 23 Michael Cooper, «Aging of Water Mains Is Becoming Hard to Ignore», *New York Times*, 17 abril de 2009.
- 24 Entrevista personal con April Rinne, 2011.
- 25 Entrevista personal con Dean Kamen, 2011.

Profilaxis

- 26 Para una buena visión del debate véase «Betting on the Planet», *New York Times Magazine*, 2 de diciembre de 1990.

- 27 *Perspectivas de la población mundial: Revisión de 2002*, División de Población de Naciones Unidas.
- 28 »Relacionando Población, Pobreza y Desarrollo», Fondo de Población de las Naciones Unidas: www.unfpa.org/pds/urbanization.htm. Véase también Stewart Brand, *The Whole Earth Discipline: An Ecopragmatist Manifesto*, Viking, 2009, pp. 59-61.
- 29 «Return of the Population Growth Factor: Its Impact on Millennium Development Goals», All Party Parliamentary Group on Development and Reproductive Health, enero de 2007, p. 24.
- 30 *Informe de la pobreza rural*, FIDA, véase: www.ifad.org/rpr2011.

Ganando espacio en la parte de abajo

- 31 www.ted.com/talks/Michael_prichard_invents_a_water_filter.html.
- 32 John F. Sargent Jr., «The National Nanotechnology Initiative: Overview, Reauthorization, and Appropriation Issues», Servicio de Investigación del Congreso, 19 de enero de 2011.
- 33 www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=112234.
- 34 Mamadao Diallo, Jeremiah Duncan, Nora Savage, Anita Street, Richard Sustich, *Nanotechnology Applications for Clean Water*, William Andrew, 2009.
- 35 Katherine Boutzac, «Getting Arsenic out of Water», *Technology Review*, 1 de junio de 2009.
- 36 Véase Duncan Graham-Rowe, «Self-Healing Pipelines», *Technology Review*, 21 de diciembre de 2006. Y Nicole Wilson, «Nano Technology May Make Cleaning Toilets a Thing of the Past», Best Syndication News, 7 de febrero de 2006.
- 37 Lisa Zyga, «Hydrophobic Sand Could Combat Desert Water Shortages», Phyorg.com, 16 de febrero de 2009.
- 38 Liz Creel, «Ripple Effects: Population and Coastal Regions», Population Reference Bureau, septiembre de 2003.
- 39 Jennifer Chu, «Desalination Made Simpler», *Technology Review*, 30 de julio de 2008.
- 40 Para un buen análisis de la tecnología Jonathon Fahey, «Water Wizardry», *Forbes*, 26 de agosto de 2009. También, el *Guardian* publicó una lista completa de los ganadores aquí: www.guardian.co.uk/globalcleantech100.

La red inteligente para el agua

- 41 Entrevista personal con Peter Williams, 2011.
- 42 “House Committee Discusses Smart Water Grid Plans», *Water & Wastes Digest*, marzo de 2009.
- 43 Martin LaMonica, «IBM Dives Into ‘Smart Grid for Water,’» CNET, 4 de septiembre de 2009.
- 44 Para una visión a todos los proyectos de redes inteligentes de IBM: www.ibm.com/smarterplanet/za/en/water_management/ideas/index.html.
- 45 <http://h10134.www1.hp.com/news/features/5831>.
- 46 Yu-Fen Lin and Chang Liu, «Smart Pipe: Nanosensors for Monitoring Water Quantity and Quality in Public Water Systems», Illinois State Water Survey, agosto de 2009.
- 47 Ciaran Giles, «Water Management 2.0», Associated Press, 12 de noviembre de 2007.
- 48 Entrevista personal con Doug Miell, 2011.

Resolver el problema de las aguas fecales

- 49 “Thomas Crapper: Myth and Reality», *Plumbing & Mechanical*, 1993.
- 50 “The Men That Made the Water Closet», *Plumbing & Mechanical*, 1994.
- 51 “The Chain Is Pulled on Britain’s Crapper», Reuters, 26 de julio de 2000.
- 52 Entrevista personal con Lowell Wood, 2011.
- 53 “Gates Foundation Launches Effort to Reinvent the Toilet», Fundación Bill & Melinda Gates, 19 de julio de 2011.
- 54 P. W. Mayer, W. B. Oreo, et al., «Residential End Uses of Water», American Waterworks Research Foundation, 1999.
- 55 Bob Swanson, «Leaks, Wasteful Toilet Causes Cascading Water Loss», *USA Today*, 5 de abril de 2009.

El punto azul pálido

- 56 Si nunca has escuchado la charla completa sobre el punto azul pálido, está en www.youtube.com/watch?v=2pfwY2Tnehw.

Capítulo 9: Alimentar a 9.000 millones

El fracaso de la fuerza bruta

- 1 «Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. La inseguridad alimentaria en crisis prolongadas», Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 2010.
- 2 «Progreso para la infancia. Un balance sobre la nutrición», Unicef, 2006.
- 3 Hay docenas de relatos disponibles sobre esto, pero dos de los mejores son: Richard Manning *Against the Grain*, North Point Press, 2005, y Michael Pollan, *El dilema del omnívoro*, Grupo Ixo, 2011.
- 4 Martin C. Heller y Gregory A. Keoleian, «Life Cycle-Based Sustainability Indicators for Assessment of the US Food System», Center for Sustainable Systems, Universidad de Michigan, 2000.
- 5 “Groundwater in Urban Development: Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies», artículo técnico del Banco Mundial, 390, 1998.
- 6 Daniel Zwerdling, «India’s Farming “Revolution” Heading for Collapse», National Public Radio, 13 de abril de 2009.
- 7 “Managing Nonpoint Source Pollution from Agriculture», Environmental Protection Agency, Pointer N.º 6., EPA841-F-96-004F. Véase: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/outreach/point6.cfm>.
- 8 S. Joyce, «The Dead Zones: Oxygen-Starved Coastal Waters», *Environmental Health Perspectives* 108, n.º 3 (marzo de 2000), pp.120–125.
- 9 “Chinese Seafood Imports», Don Kraemer, Subdirector de la Oficina de Seguridad Alimentaria, FDA, declaración ante la Comisión de Revisión Económica y de Seguridad de Estados Unidos y China, 25 de abril de 2008.
- 10 Su repercusión es tan grande que es visible desde el espacio. Véase «Trail of Destruction», TreeHugger.com, 22 de febrero de 2008.
- 11 Julie Eilperin, «World’s Fish Supply Running Out, Researchers Warn», *Washington Post*, 3 de noviembre de 2006.

- 12 Lester Brown, «The Great Food Crisis of 2011», *Foreign Policy*, 10 de enero de 2011.
- 13 Vandana Shiva, «The Green Revolution in the Punjab», *Ecologist* 21, n.º 2 (marzo-abril de 1991).
- 14 Matt Ridley, *El optimista racional*.

Cocinar para 9.000 millones

- 15 Para una fantástica exposición sobre todos estos temas se puede leer Stewart Brand, *The Whole Earth Discipline*, Viking, 2009 y Pamela Ronald y R. W. Adamchak *Tomorrow's Table* Oxford University Press, 2008.
- 16 Ridley, *Ibíd.*
- 17 www.landinstitute.org o véase Robert Kunzig, «The Big Idea: Perennial Grains», *National Geographic*, abril de 2011, pp. 31-33.
- 18 Brand, *Ibíd.*, p. 141.
- 19 “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010», International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications, ISAAA Brief 42-2010.
- 20 www.danforthcenter.org/science/programs/international_programs.bcp.
- 21 *Ibíd.*, p. 57.
- 22 Melissa Moore, “Backgrounder: The Myth-Scarcity; The Reality-There Is Enough Food», *Institute for Food and Development Policy/Food First*, 8 de febrero de 2005. Véase: www.foodfirst.org/fr/node/239.

Agricultura vertical

- 23 Jeffrey Windterborne, *Hydroponics: Indoor Horticulture*, Pukka Press, 2005, p. 180, o véase: <http://hydroponicsdictionary.com/hydroponic-technology-used-in-wwii-to-feed-troops>.
- 24 www.nasa.gov/missions/science/biofarming.html.
- 25 Dickson Despommier, *Vertical Farming: Feeding Ourselves and the World in the 21st Century*, St. Martin's Press, 2009, pp. 164-169.
- 26 Entrevistas personales con Dickson Despommier, 2010-2011.
- 27 Vertical Farming, *Ibíd.*, p. 7.

- 28 www.growingpower.org.
- 29 David Derbyshire, «Is This the Future of Food? Japanese “Plant Factory” Churns Out Immaculate Vegetables», *Mail Online*, 3 de junio de 2009.
- 30 Entrevista personal con el consejero delegado de Plantagon Hans Hassle, 2011.
- 31 Para una buena revisión de la optimización fotosintética, véase Miko U. F. Kirschbaum, «Does Enhanced Photosynthesis Enhance Growth? Lessons Learned from CO₂ Enrichment Studies», American Society of Plant Biologists, 2011. Disponible en: www.plantphysiol.org/content/155/1/117.full.
- 32 “Human Population: Urbanization”, Population Reference Bureau, www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/Urbanization.aspx.

Proteínas

- 33 “Dietary Protein Recommendations for Adequate Intake and Optimal Health: A Tool Kit for Healthcare Professionals”, Egg Nutrition Center, 2011.
- 34 Mark Bittman, Rethinking the Meat-Guzzler», *New York Times*, 27 de enero de 2008.
- 35 Christopher Delgado, “Rising Consumption of Meat and Milk in Developing Countries Has Created a New Food Revolution”, *Nutrition: The Journal of the American Society for Nutritional Sciences* 133, noviembre de 2003, 3.907S–3.910S.
- 36 Barry A. Costa-Pierce, *Ecological Aquaculture: The Evolution of a Blue Revolution*, Wiley-Blackwell, 2003, pp. 9-19.
- 37 Charles Mann, “The Bluewater Revolution”, *Wired*, mayo de 2004.
- 38 Ransom A. Myers y Boris Worm, *Ibíd.*
- 39 www.nationalgeographic.com/adventure/environment/what-it-takes-07/Sylvia-earle.html.
- 40 www.noaanews.noaa.gov/stories2011/20110711_aquaculture.html.
- 41 El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF-Adena) hace un buen trabajo en estas cuestiones: http://wwf.panda.org/about_our_earth/blue_planet/problems/aquaculture.

- 42 Por ejemplo, véase Jill Schwartz, «Tsunami Region's Shrimp Industry: Building It Back Better», www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/featuredpublication-tsunami.html.
- 43 Brian Halweil, *Fish Farming for the Future*, Worldwatch Institute, 2008.
- 44 «Integrated Aquaculture: Rice Paddy Success», *Sustainable Harvest International Newsletter*, primavera de 2010.
- 45 Para una visión de los esfuerzos respaldados por la Unesco: www.ihe.nl/Fingerponds/Publications.
- 46 www.growingpower.org/aquaponics.htm.
- 47 www.nationalgeographic.com/adventure/environment/what-it-takes-07/Sylvia-earle.html.

Carne cultivada

- 48 Abigail Paris, «In Vitro Meat, a More Humane Treat», *Policy Innovations*, 22 de mayo de 2008.
- 49 «Lab Meat», PBS, 10 de enero de 2006.
- 50 Abigail Paris, «In Vitro Meat, a More Humane Treat», *Policy Innovations*, 22 de mayo de 2008. Véase: <http://www.policyinnovations.org/ideas/briefings/data/000054>.
- 51 John Schwartz, «PETA's Latest Tactic: \$1 Million for Fake Meat», *New York Times*, 21 de abril de 2008.
- 52 Para algunos hechos rápidos véase www.news.cornell.edu/releases/aug97/livestock.hrs.html. Y para una visión de conjunto asombrosa Eric Schlosser, *Fast food. El lado oscuro de la comida rápida*, Grijalbo, 2002.
- 53 Mario Herrero, con Susan Mac-Millan, Nancy Johnson, Polly Erickson, Alan Duncan, Delia Grace y Philip K. Thornton, «Improving Food Production from Livestock», *State of the World 2011: Innovations That Nourish the Planet*, the Worldwatch Institute.
- 54 *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 29 de noviembre de 2006.
- 55 Michael Specter, «Annals of Science: Test-Tube Burgers», *New Yorker*, 23 de mayo de 2011.

Entre ahora y entonces

- 56 Entrevista personal con Pamela Ronald, patóloga de plantas de la UC Davis, 2010.
- 57 Michael Pollan, «The Way We Live Now: The Great Yellow Hype», *New York Times Magazine*, 4 de marzo de 2001. Y para una opinión contraria: Pamela Ronald y James E. McWilliams, «Genetically Engineered Distortions», *New York Times*, 14 de mayo de 2010.
- 58 C. Francis et al., «Agroecology: The Ecology of Food Systems», *Journal of Sustainable Agriculture* 22, n. 3 (2003).
- 59 Olivier De Schutter, *Agroecology and the Right to Food*, informe presentado en la decimosexta sesión del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas [A/HRC/16/49], 8 de marzo de 2011.
- 60 Zeyaur Khan, David Amudavi y John Pickett, «Push-Pull Technology Transforms Small Farms in Kenya», *PAN North America Magazine*, primavera de 2008.
- 61 www.economist.com/debate/days/view/606.

Un surco difícil de arar

- 62 Richard Manning, «The Oil We Eat: Following the Food Chain Back to Iraq», *Harper's*, febrero de 2004.

Cuarta parte: Las fuerzas de la abundancia

Capítulo 10: El «hazlo tú mismo» innovador

Stewart Brand

- 1 Tom Wolfe, *Ponche de ácido lisérgico*, Anagrama, 1997.
- 2 Andrew Kirk, *Counterculture Green: The Whole Earth Catalog and American Environmentalism*, University Press of Kansas, 2007, p. 1.
- 3 www.emersoncentral.com/selfreliance.htm.
- 4 Oscar Lovell Triggs, *Chapters in the History of the Arts and Crafts Movement*, Cornell University Library, 2009.
- 5 Entrevista personal con Andrew Kirk, 2009.
- 6 «Counterculture to Cyberculture: The Legacy of the *Whole Earth Catalog*», un gran panel de discusión que tuvo lugar en Stanford, puede verse aquí: www.youtube.com/watch?v=B5kQYWLtW3Y.
- 7 Gran parte de la información de este epígrafe se extrajo de entrevistas realizadas durante la investigación del libro: Steven Kotler, «The Whole Earth Effect», *Plenty magazine*, mayo de 2009.
- 8 John Markoff, *What the Dormouse Said: How the 60s Counterculture Shaped the Personal Computer Industry*, Penguin, 2005, pp. 152–157.
- 9 Kotler, *Ibíd.*
- 10 La mayoría de la gente cree que la primera vez que Brand le dijo a alguien: «La información quiere ser libre» fue en la primera Conferencia Hackers en 1984.

Historia casera

- 11 Markoff, Ibíd.
- 12 Kotler, Ibíd.

El poder de los pequeños grupos (primera parte)

- 13 Al Blackburn, «Mach Match», *Air & Space*, 1 de junio de 1999.
- 14 Para la breve historia del programa X-Plane de la NASA: <http://history.nasa.gov/x1/appendix1.html>.
- 15 <http://history.nasa.gov/x15/cover.html>.
- 16 W. J. Hennigan, «Aerospace Legend Burt Rutan Ready for Landing», *Los Angeles Times*, 1 de abril de 2011; entrevista personal e información proporcionada por Burt Rutan.
- 17 Entrevista personal con Burt Rutan, 2010.
- 18 Steven Kotler, «Space Commodity», *LA Weekly*, 24 de junio de 2004.
- 19 Alan Boyle, «SpaceShipOne Wins \$10 Million X Prize», *msnbc.com*, 5 de octubre de 2004.
- 20 Entrevista personal con Gregg Maryniak, 2010.

El movimiento creador

- 21 Gran parte de este apartado está basado en entrevistas personales con Chris Anderson y en una presentación llevada a cabo en la SU en agosto de 2011. Pero para una gran visión de su trabajo véase «DIYDrones: An Open Source Hardware and Software Approach to Making «Minimum UAVs»», La conferencia 2.0 de O'Reilly está disponible aquí : <http://blip.tv/oreilly-where-20-conference/chris-anderson-diy-drones-an-open-source-hardware-and-software-approach-to-making-minimum-uavs-973054>.
- 22 www.globalsecurity.org/intell/systems/raven.htm.
- 23 Entrevista personal con Dale Daugherty, 2011. Pero para una visión del auge del Maker Movement véase también Rob Walker, «Handmade 2.0», *New York Times*, 16 de diciembre de 2007.
- 24 Teal Triggs, «Scissors and Glue: Punk Fanzines and the Creation of the DIY Aesthetic», *Journal of Design History* 19, n. 1 (2006), pp. 69-83.

25 www.matternet.net.

“Hazlo tú mismo» biológico

- 26 Jon Mooallem, «Do-It-Yourself Genetic Engineering», *New York Times*, 10 de febrero de 2010.
- 27 <http://igem.org>.
- 28 Alok Jha, «From the Cells Up», *Guardian*, 10 de marzo de 2005.
- 29 Rob Carlson, «Splice It Yourself», *Wired*, mayo de 2005.

El empresario social

- 30 Caroline Hsu, «Entrepreneur for Change», *US News & World Report*, 21 de octubre de 2005.
- 31 Sonia Narang, «Web-Based Microfinancing», *New York Times*, 10 de diciembre de 2006.
- 32 Adam Fisher, «Best Websites 2009», *Time*, 24 de agosto de 2009.
- 33 Charles Leadbeater, «Mainstreaming of the Mavericks», *Observer*, 25 de marzo de 2007.
- 34 Stacy Perman, John Tozzi, Amy S. Choi, Amy Barrett, Jeremy Quittner y Nick Leiber, «America's Most Promising Social Entrepreneurs», *Bloomberg Businessweek*, septiembre de 2004.
- 35 Nick O'Donohoe, Christina Leinjonhufvud, Yasemin Saltuk, Anthony Bugg-Levine y Margot Brandenburg, «Impact Investments: An Emerging Asset Class», J. P. Morgan Global Research, 29 de noviembre de 2010.
- 36 www.techawards.org/laureates/feature/kickstart.
- 37 Ellen McGirt, «Edward Norton's \$9,000,000,000 Housing Project», *Fast Company*, 1 de diciembre de 2008.

Capítulo 11: Los tecnofilántropos

Los barones ladrones

- 1 Cada año el consejo de administración del PREMIO X y el Círculo de Visión (www.xprize.org) se reúnen para debatir y discutir los grandes desafíos del mundo y para diseñar concep-

- tos de premios para hacerles frente. La Fundación llama a este proceso « visionazgo».
- 2 Matthew Bishop y Michael Green, *Filantrocapitalismo. Cómo los ricos pueden salvar el mundo*, Tendencias, 2009.
 - 3 Maury Klein, «The Robber Baron's Bum Rap», *City Journal*, invierno de 1995.
 - 4 Ibíd.
 - 5 «The Robin Hood Robber Baron», *BusinessWeek*, 27 de noviembre de 2008.
 - 6 Entrevista personal con Justin Rockefeller, 2010.
 - 7 Ron Chernow, *Titan: The Life of John D. Rockefeller, Sr.*, Warren Books, 199, pp. 563–566.
 - 8 Robert A. Guth y Geoffrey A. Fowler, «16 Tycoons Agree to Give Away Fortunes», *Wall Street Journal*, 9 de diciembre de 2010.
 - 9 www.pbs.org/wgbh/amex/carnegie/sfeature/p_library.html.

La nueva generación

- 10 Klein, Ibíd.
- 11 A. A. Van Slyck, «Spaces of Literacy: Carnegie Libraries and an English-Speaking World». Artículo presentado en la reunión anual de la American Studies Association, 13 de marzo de 2011.
- 12 «Hyderabad: Silver Jubilee Durbar», *Time*, 22 de febrero de 1973.
- 13 Entrevista personal con Jeff Skoll, 2011.
- 14 Michael S. Malone, «The Indie Movie Mogul», *Wired*, febrero de 2006.
- 15 Entrevista personal con Jeff Skoll, pero véase: www.skollfoundation.org.
- 16 www.huffingtonpost.com/2011/06/02/jeff-skoll-foundation-climate-change_n_869457.html.
- 17 «2008 Social Capitalist Awards», *Fast Company*, 2008. Disponible en: www.fastcompany.com/social/2008/index.html.
- 18 Jim Hopkins, «EBay Founder Takes Lead in Social Entrepreneurship», *USA Today*, 3 de noviembre de 2005.
- 19 Bishop, Ibíd., p. 6.
- 20 Paul Sullivan, «With Impact Investing, a Focus on More Than

- Returns», *New York Times*, 23 abril de 2010.
- 21 “Investing for Social & Environmental Impact: A Design for Catalyzing an Emerging Industry», www.monitorinstitute.com/impactinvesting.
- 22 Entrevista personal con Paul Shoemaker, 2011.
- 23 Paul G. Schervish, Albert Keith Whitaker, *Wealth and the Will of God*, Indiana University Press, 2010, p. 8.
- 24 Bishop, *Ibíd.*, p. 12.

¿Cuántos y cuánto?

- 25 Entrevistas personales con Naveen Jain, 2011. Véase: www.naveenjain.com.
- 26 *Global Wealth Report*, Credit Suisse Research Institute, octubre de 2010.
- 27 Sam Howe Verhovek, «The Internet’s Rich Are Giving It Away, Their Way», *New York Times*, 11 de febrero de 2000.
- 28 “Charitable Giving in US Nears Record Set at End of Tech Boom», *USA Today*, 19 de junio de 2006.
- 29 Christina Cheddar Berk, «Rich and Richer: A New Golden Age of Philanthropy», CNBC, 2 de mayo de 2007. Véase: www.cnbc.com/id/18333214/Rich_Richer_Golden_Age_of_Philanthropy.
- 30 Stephanie Strom, «Foundations’ Giving Is Said to Have Set Record in ’06», *New York Times*, 3 de abril de 2007.
- 31 Tom Watson, «Philanthropy’s Double Dip: Giving Numbers Tumble for Second Straight Year», *On Philanthropy*, 10 de junio de 2010.
- 32 Alexander Higgins, «Gates Foundation Pledges \$10 Billion to Vaccine Research», *Washington Post*, 30 de enero de 2010.
- 33 <http://givingpledge.org>.
- 34 “Prize Offered to Africa’s Leaders», BBC, 26 de octubre de 2006.
- 35 Entrevista personal con Elon Musk, pero véase también Tad Friend, «Letter from California: Plugged In», *New Yorker*, 24 de agosto de 2009.

Capítulo 12: Los mil millones emergentes

El mayor mercado mundial

- 1 Entrevista personal con Stuart Hart, 2010.
- 2 C. K. Prahalad y Gary Hamel, «The Core Competencies», *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1990. Y: C. K. Prahalad y Venkat Ramaswamy «Co-Opting Customer Competence», *Harvard Business Review*, enero de 2000. Pero para una biografía verdaderamente buena de C. K., intenta Schumpter, «The Guru at the Bottom of the Pyramid», *Economist*, 24 de abril de 2010.
- 3 www.businessweek.com/magazine/content/06_04/b3968089.htm.
- 4 *Strategies for a Sustainable World*: Stuart Hart, «Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World», *Harvard Business Review*, 1 de enero de 1997. Este artículo ganó el Premio McKinsey al Mejor Artículo en el *HBS* de 1997.
- 5 C. K. Prahalad y S. L. Hart, «The Fortune at the Bottom of the Pyramid», *Strategy+Business* 26 (2002), pp. 54-67.
- 6 Para un resumen de la discusión «C. K. Prahalad, The Fortune at the Bottom of the Pyramid», *Fast Company*, 13 de abril de 2011. Véase: www.fastcompany.com/1746818/fortune-at-the-bottom-of-the-pyramid-ck-prahalad.
- 7 Prahalad y Hart *Ibíd.*
- 8 C. K. Prahalad, *La fortuna en la base de la pirámide*, Granica, 2008.
- 9 «Power to the People», *Economist*, 9 de marzo de 2006.
- 10 Nicholas Sullivan, *You Can Hear Me Now: How Microloans and Cell Phones Are Connecting the World's Poor to the Global Economy*, Jossey-Bass, 2007, p. xxxiv.
- 11 *Ibíd.*
- 12 El editor jefe de *Wired* Chris Anderson argumenta esto aquí: http://longtail.typepad.com/the_long_tail/2005/03/long_tail_vs_bo.html.
- 13 Prahalad, *Ibíd.*, pp. 207-239.
- 14 Mindy Murch, Kate Reeder, C. K. Prahalad, «Selling Health: Hindustan Lever Limited and the Soap Market», Departamento de Estrategia Corporativa y Negocios Internacionales, Universidad de Michigan, 12 de diciembre de 2003, p. 2.

- 15 Stuart Hart, *El capitalismo en la encrucijada: cómo obtener beneficios empresariales y generar mejoras sociales a un mismo tiempo*, Ediciones Deusto, 2007.
- 16 *Ibíd.*
- 17 “The New People’s Car», *Economist*, 26 de marzo de 2009.
Véase también: www.businessweek.com/innovate/content/mar2009/id20090318_012120.htm.
- 18 David Pilling, «India Hits Bottleneck on Way to Prosperity», *Financial Times*, 24 de septiembre de 2008.
- 19 “A Global Love Affair», *Economist*, 13 de noviembre de 2008.
- 20 Entrevista personal con Ratan Tata, 2011.

La apuesta de Quadir

- 21 Gran parte de la información de este epígrafe procede de una entrevista persona con Iqbal Quadir, 2010. Pero él cuenta la historia de la fundación de Grameenphone en su conferencia Ted Talk: www.ted.com/talks/iqbal_quadir_says_mobiles_fight_poverty.html.
- 22 Para la historia completa, véase Sullivan, *Ibíd.*
- 23 *Ibíd.*, pp. xvii–xx.
- 24 El Banco Mundial proporciona una visión de conjunto bastante buena aquí: web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:20433592~menuPK:34480~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:4607,00.html.
- 25 “Africa’s Mobile Banking Revolution», BBC, 12 de agosto de 2009. Disponible en: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8194241.stm>.
- 26 Efam Dovi, «Boosting Domestic Savings in Africa», *African Renewal* 22, n. 3 (octubre de 2008), p. 12.
- 27 Sullivan, *Ibíd.*, pp. 125–144.
- 28 Véase www.thinkm-pesa.com/2011/07/m-pesa-mobile-money-for-unbanked.htm. Y para una visión ligeramente más amplia: Alex Perry y Nick Wadhams, «Kenya’s Banking Revolution», *Time*, 21 de enero de 2011.
- 29 “Mobile Payment Market to Almost Triple Value by 2012, Reaching \$670 Billion», Juniper Research Limited, 5 de julio de 2011.
- 30 “The Power of Mobile Money», *Economist*, 24 de septiembre de 2009.

- 31 Richard Lester, Paul Ritvo et al., «Effects of a Mobile Phone Short Message Service on Antiretroviral Treatment Adherence in Kenya», *Lancet* 376, n. 9755 (23 de noviembre de 2010), pp. 1.938-1.945.
- 32 Kevin Sullivan, «For India's Traditional Fisherman, Cellphones Deliver a Sea Change», *Washington Post*, 15 de octubre de 2006.
- 33 Amelia Hill, «iPhone Set to Replace the Stethoscope», *Guardian*, 30 de agosto de 2010.
- 34 Francesca Lunzer Kritz, «A Guide to Healthcare Apps for Your Smart Phone», *Los Angeles Times*, 12 de julio de 2010.

La maldición de los recursos

- 35 Paul Collier, *El club de la miseria: qué falla en los países más pobres del mundo*, Turner, 2008.
- 36 William Easterly, *White Man's Burden: Why the West's Efforts to Aid Have Done So Much Ill and So Little Good*, Penguin, 2006, p. 11.
- 37 Collier, *Ibíd.*
- 38 George Soros, «Transparency Essential to Lifting the "Resource Curse"», *Taipei Times*, 22 de marzo de 2002.
- 39 Kermit Pattison, «Enlisting a Global Work Force of Freelancers», *New York Times*, 24 de junio de 2009.
- 40 Charles Kenny, «What Resource Curse», *Foreign Policy*, 6 de diciembre de 2010.
- 41 Jeffrey F. Rayport, «Seven Social Transformations Unleashed by Mobile Devices», *Technology Review*, 30 de noviembre de 2010.

El mundo es mi café

- 42 Steven Johnson, *Las buenas ideas: una historia natural de la innovación*, o véase su conferencia TED: www.ted.com/talks/steven_johnson_where_good_ideas_come_from.html.
- 43 Malcolm Gladwell, «Java Man», *New Yorker*, 30 de julio de 2001. Disponible en la página web de Gladwell: www.gladwell.com/2001/2001_07_30_a_java.htm.
- 44 Bryant Lillywhite, *London Coffee Houses: A Reference Book of Coffee Houses of the Seventeenth, Eighteenth and Nineteenth Centuries*, George Allen and Unwin, 1963.

- 45 Brand, *The Whole Earth Discipline*, Ibíd., pp. 25–73.
- 46 Helen Coster, «Physicist Geoffrey West on Solving the Urban Puzzle», *Forbes*, 11 de abril de 2011.
- 47 Carolyn Duffy Marsan, «Analysis: The Internet in 2020», *Network World US*, 10 de enero de 2009.
- 48 Stuart Hart y Ted London, *Next Generation Business Strategies for the Base of the Pyramid*, FT Press, 2010, p. 80.

Desmaterialización y desmonetización

- 49 Entrevista personal con Bill Joy, 2011.
- 50 En julio de 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Android_Market; <https://www.mylookout.com/mobile-threat-report>.
- 51 Charles I. Jones y Paul M. Romer, «The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital», National Bureau of Economic Research Working Paper 15094, p. 6. El trabajo de Romer es increíble.
- 52 *El capitalismo en la encrucijada*, Ibíd.
- 53 Chris Anderson, «Free! Why \$0.00 Is the Future of Business», *Wired*, 2 de febrero de 2008.

Quinta parte: La cima de la pirámide

Capítulo 13: Energía

Pobreza de energía

- 1 Steven R. James, «Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene: A Review of the Evidence.» *Current Anthropology* 30 (1989), pp. 1-26. Y Nire Alperson-Afil, «Continual Fire-Making by Hominins at Gesher Benot Ya'aqov, Israel», *Quaternary Science Reviews* 27 (2008), 1.733-1.73939.
- 2 El Grupo Asesor del Secretario General en Energía y Cambio Climático, *Energy for a Sustainable Future: Report and Recommendations*, Naciones Unidas, 28 de abril de 2010, p. 7.
- 3 Ibíd.
- 4 El informe del PNUD/OMS de 2009, *The Energy Access Situation in Developing Countries, A Review Focusing on the Least Developed Countries and Sub-Saharan Africa*, se puede descargar de www.undp.org/energy.
- 5 www.undp.org/energy/ywww.unmillenniumproject.org/documents/MP_Energy_Low_Res.pdf.
- 6 Elizabeth Rosenthal, «African Huts Far from the Grid Glow with Renewable Power», *New York Times*, 24 de diciembre de 2010.
- 7 Entrevista personal con Emem Andrews, 2010.
- 8 Centro Aeroespacial Alemán, Instituto de Termodinámica Técnica, «Interconexión Transmediterránea para Concentrar la Energía Solar», Ministerio Federal de Medio Ambiente, Na-

- turalaleza, Conservación y Seguridad Nuclear», noviembre de 2007.
- 9 Ibíd.
- 10 Vijaya Ramachandran, Alan Gelb y Manju Kedia Shah, *Africa's Private Sector: What's Wrong with the Business Environment and What to Do About It*, Centro para el Desarrollo Global, 2009. Véase también: www.cgdev.org/content/article/detail/1421353.
- 11 Wim Naude y Marianna Matthee, «The Significance of Transport Costs in Africa», *UN Policy Brief*, vol. 05/2007, agosto de 2007.
- 12 Entrevista personal con Bill Joy, 2011.

Un futuro brillante

- 13 «Andrew Beebe: Lesson Learned: Grow Slowly, Conserve Cash, Treat Employees Well», *Bloomberg Businessweek*, 5 de julio de 2005. Disponible en: www.businessweek.com/magazine/content/04_27/b3890407.htm.
- 14 Entrevista personal con Andrew Beebe, 2011.
- 15 Christine Lagorio, «Innovation: Let There Be Light», *Inc.*, 1 de octubre de 2010, y www.1366tech.com.
- 16 «Clean Energy Patent Growth Index», Heslin Rothenberg Farley & Mesiti, junio de 2010, p. 2.
- 17 Teodor K. Todorov, Kathleen B. Reuter, David B. Mitzi, «High-Efficiency Solar Cell with Earth-Abundant Liquid-Processed Absorber», *Advanced Materials* 22, n. 20 (25 de mayo de 2010), pp. E156 E159.
- 18 Jae-Hee Han, Geraldine L. C. Paulus, Ryuichito Maruyama, Daniel A. Heller, Woo-Jae Jim, et al., *Nature Materials* 9 (12 de septiembre de 2010), pp. 833–839.
- 19 www.gizmag.com/new-energy-technologies-solar-window/17777.
- 20 Mark Brown, «Light's Magnetic Field Could Make Solar Power Without Solar Cells», *Wired UK*, 15 de abril de 2011.
- 21 www.gosolarcalifornia.org/consumers/taxcredits.php.
- 22 www.eere.energy.gov/solar/sunshot. También, Matthew Wald, bloguero de cuestiones medioambientales del *New York Times*, es excelente en general véase: <http://green.blogs.nytimes.com/2011/02/04/from-sputnik-to-sunshot>.

- 23 Grist.com publicó una reseña minuciosa aquí: www.grist.org/article/2011-02-07-report-wind-power-now-competitive-with-coal-in-some-regions.
- 24 Vestas, *Informe anual 2010*, febrero de 2011. Disponible aquí: www.vestas.com/Default.aspx?ID=10332&action=3&NewsID=2563.

La vida sintética al rescate

- 25 Jad Mouawad, «Exxon to Invest Millions to Make Fuel from Algae», *New York Times*, 13 de julio de 2009.
- 26 Véanse dos ejemplos: Joseph Fargione, et al., «Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt», *Science* 319, n. 5867 (7 de febrero de 2008), pp. 1.235-1.238; y Timothy Searchinger, et al., «Use of US Cropland for Biofuels Increases Greenhouse Gases», *Science* 310, n.º 5867 (7 de febrero de 2008), pp. 1.238-1.240. Para una reseña general (aunque el autor no parece entender que hay una enorme diferencia entre los biocombustibles basados en algas y los tradicionales), Michael Grunwald, «The Clean Energy Scam», *Time*, 27 de marzo de 2008.
- 27 «A Promising Oil Alternative: Algae Energy», *Washington Post*, 6 de enero de 2008.
- 28 *Ibíd.*
- 29 Entrevistas personales con Craig Venter, 2010 y 2011. Véase también: Mouawad, *Ibíd.*, y «Craig's Twist: Algae Inch Ahead in Race to Produce the Next Generation of Biofuels», *Economist*, 15 de julio de 2009.
- 30 Entrevista personal con Paul Roessler, 2011.
- 31 «Emission Facts: Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle», US Environmental Protection Agency, febrero de 2005, EPA420-F-05-004, www.epa.gov/otaq/climate/420f05004.htm.
- 32 Michael Kanellos, «Chevron Invests in LS9; MicrobeDiesel by 2011?», *Greentech Media*, 24 de septiembre de 2009.
- 33 www.amyris.com/en/newsroom/128-amyris-enters-into-off-take-agreement-with-shell. Véase también: Paul Vaosen, «Biofuels Future That US Covets Takes Shape—in Brazil», *New York Times*, 1 de junio de 2011.

- 34 Candice Lombardi, «Air New Zealand Tests Biofuel Boeing», CNET, 2 de enero de 2009.
- 35 “Airline in First Biofuel Flight», BBC, 24 de febrero de 2008.
- 36 Candace Lombardi, «US Navy Buys 20,000 Gallons of Algae Fuel», CNET, 15 de septiembre de 2010.
- 37 Véase: www1.eere.energy.gov/biomass/news_detail.html?news_id=17698; <http://greeneconomypost.com/departments-of-energy-funding-biofuels-2469.htm>; <http://techcrunch.com/2011/06/13/doe-biofuels-funding-anti-valley-bias>.
- 38 Ron Pernick, Clint Wider, et al., *Clean Energy Trends 2011*, Clean Edge, 2011.
- 39 Fiona Harvey, «Second Generation Biofuels—Still Five Years Away?», *Energy Source*, 29 de mayo de 2009.
- 40 <http://solarfuelshub.org>.
- 41 Entrevista personal con Harry Atwater, 2011.

El Santo Grial del almacenamiento

- 42 El debate de la carga básica no es sino energético. Para una visión de conjunto: Lena Hansen y Amory B. Lovins, «Keeping the Lights On While Transforming Electric Utilities», Rocky Mountain Institute, véase: www.rmi.org/rmi/Transforming+Electric+Utilities. Véase también: «The Coming Baseload Crisis», Thomas Blakeslee, Clearlight Foundation, www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2008/04/the-coming-baseload-power-crisis-52157.
- 43 Esto fue propuesto en primera instancia por Fuller en 1969, pero la idea también aparece en Buckminster Fuller, *Critical Path*, St. Martin’s Griffin, 1982, p. 206.
- 44 Entrevista personal con Donald Sadoway, 2011.
- 45 www.kpcb.com.
- 46 Entrevista personal con Bill Joy, 2011. Véase también: Martin LaMonica, «Bill Joy Chases Green-Tech Breakthroughs», CNET, 6 de abril de 2011.
- 47 Eric Wesoff, «Primus Gets \$11M from KP and Others for Energy Storage», *Greentech Media*, 31 de mayo de 2011.
- 48 Monica LaMonica, «Aquion Energy Takes Plunge into Bulk

- Grid Storage», CNET, 22 de julio de 2011. Véase también: www.aquionenergy.com.
- 49 Entrevista personal con Donald Sadoway, 2011, pero también véase: Eric Wseoff. «MIT's Star Prof. Don Sadoway on Innovations in Energy Storage», Greentechmedia.com, 20 de marzo de 2011.
- 50 Ibíd.

Nathan Myhrvold y la cuarta generación

- 51 Entrevista personal con Nathan Myhrvold, pero véase también: Malcolm Gladwell, «Annals of Innovation: In the Air», *New Yorker*, 12 de mayo de 2008.
- 52 Nicholas Varchaver, «Who's Afraid of NathanMyhrvold», *Fortune*, 26 de junio de 2006.
- 53 Saul Griffith, «Climate Change Recalculated», conferencia en la Long Now Foundation, 16 de enero de 2009.
- 54 Ibíd. También, «Avoiding Dangerous Climate Change Symposium» (realizada en Exeter, febrero de 2005) estableció esta cifra; véase un resumen de este informe aquí: www.stabilisation2005.com.
- 55 «Carbon Budget 2009», Global Carbon Project, 21 de noviembre de 2010. Véase también la conferencia TED de Bill Gates: «Energy: Innovating to Zero», disponible en: www.ted.com/talks/bill_gates.html.
- 56 «Energy and Climate Change: Facts and Trends to 2050», World Business Council on Sustainable Development, disponible aquí: www.wbcsd.org/DocRoot/xxSdHDIxwflJ2J3ql0I6/Basic-Facts-Trends-2050.pdf.
- 57 Véase Amory Lovins et al., *Ending the Oil Endgame*, Rocky Mountain Institute, 2005. O: www.ted.com/talks/amory_lovins_on_winning_the_oil_endgame.html.
- 58 Thor Valdmanis, «Nuclear Power Slides Back onto the Agenda», *USA Today*, 26 de septiembre de 2004.
- 59 Ben Geman, «White House Restates Nuclear Power Support, Committed to "Learning" from Japanese Crisis», *Hill*, 13 de marzo de 2011.
- 60 Ibíd., pp. 75-116.

- 61 Entrevista personal con Tom Blees, 2009.
- 62 Gwyneth Cravens, *Power to Save the World: The Truth About Nuclear Energy*, Vintage, 2007, pp. 178-80.
- 63 “A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems», US DOE Nuclear Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, diciembre de 2002.
- 64 Un sitio estupendo para empezar es Richard Martin, «Uranium Is So Last Century—Enter Thorium, the New Green Nuke», *Wired*, 21 de diciembre de 2009. Para una completa inmersión: <http://energyfromthorium.com>.
- 65 Peter Coy, «The Prospect for Safe Nuclear Power», *Bloomberg Businessweek*, 24 de marzo de 2011. Véase también: <http://ecohearth.com/eco-zine/green-issues/391-meltdown-or-mother-lode-the-new-truth-about-nuclear-power.html>.
- 66 Entrevista personal con George Stanford, 2009.
- 67 Brand, *Ibíd.*; Kevin Bullis, «Small Nuclear», *Technology Review*, 10 de noviembre de 2005.
- 68 Entrevista personal con Nathan Myhrvold. Véase también: Peter Behr, «Futuristic US Power Reactor May Be Developed Overseas», *New York Times*, 23 de junio de 2011. Y Robert Guth, «A Window into the Nuclear Future», *Wall Street Journal*, 28 de febrero de 2011.

La energía perfecta

- 69 Para una descripción general consulta: <http://energy.gov/oe/technology-development/smart-grid>; En 2009 la administración de Obama desarrolló estándares para redes inteligentes, véase Henry Pulizzi, «Obama Administration Unveils New Set of Smart-Grid Standards», *wsj.com*, 18 de mayo de 2009. Véase también: Peter Behr, «Smart Grid Costs Are Massive, but Benefits Will Be Larger, Industry Study Says», *New York Times*, 25 de mayo de 2011.
- 70 Entrevista personal con Bob Metcalfe. Para un perfil ligeramente más antiguo, véase: Scott Kirsner, «The Legend of Bob Metcalfe», *Wired*, noviembre de 1998. Para la biografía de su inventor en el Salón de la fama: http://invent.org/Hall_Of_Fame/353.html. Para Metcalfe sobre la red inteligente: Eliza-

beth Corcoran, «Metcalfé's Power Law», *Forbes*, 12 de agosto de 2009.

71 David Bogoslaw, «Smart Grid's \$200 Billion Investment Lures Cisco, ABB», *Bloomberg Businessweek*, 23 de septiembre de 2010.

72 Entrevista personal con Laura Ipsen, 2011.

¿Qué significa realmente la abundancia de energía?

73 Eric Wesoff, «A Lifetime in the Solar Industry: Travis Bradford», *Greentechmedia.com*, 30 de marzo de 2010.

Capítulo 14: Educación

El agujero en la pared

1 Para una visión de conjunto de su trabajo, véase la conferencia TED bastante asombrosa de Mitra: www.ted.com/index.php/talks/sugata_mitra_shows_how_kids_teach_themselves.html. Fue el trabajo de Mitra el que inspiró la película *Slumdog Millionaire*. Véase Lucy Tobin, «Slumdog Professor», *Guardian*, 2 de marzo de 2009. Y si quieres ver informaciones generales sobre Mitra busca en: www.hole-in-the-wall.com/Findings.html.

2 Para una visión de la investigación: Sugata Mitra, Ritu Dangwal, Shiffon Chatterjee, Swati Jha, Ravinder S. Bisht y Preeti Kapur (2005), «Acquisition of Computer Literacy on Shared Public Computers: Children and the “Hole in the Wall” », *Australasian Journal of Educational Technology*, 2008, vol. 24, n. 3, pp. 339–354.

3 Matt Ridley, «Turning Kids from India's Slums into Autodidacts», *Wall Street Journal*, 4 de diciembre de 2010.

4 www.hole-in-the-wall.com/MIE.html.

Una tableta para cada niño

5 Esto apareció originalmente en el informe: *World Conference on Computer Education*, IFIPS, Amsterdam, 1970, pero se puede encontrar en: www.citejournal.org/articles/v5i3seminar3.pdf.

6 La mayor parte de este epígrafe se basa en una entrevista per-

- sonal con Nicholas Negroponte, 2011, pero para un increíble paseo por su mundo, véase el libro de Stewart Brand *The Media Lab: Inventing the Future at MIT*, Penguin, 1998.
- 7 Véase «The Global Expansion of Primary Education», Charles Kenny, disponible aquí: http://charleskenny.blogspot.com/weblog/files/the_global_expansion.pdf. Véase también: el informe de supervisión global de 2011 de la Unesco: www.unesco.org/new/en/education/themes/leading-the-international-agenda/efareport.
 - 8 Negroponte esboza la visión en TED: www.ted.com/talks/nicholas_negroponte_on_one_laptop_per_child.html.
 - 9 Douglas McGray, «The Laptop Crusade», *Wired*, agosto de 2006.
 - 10 Tony Wagner, *The Global Achievement Gap: Why Even Our Best Schools Don't Teach the New Survival Skills Our Children Need—and What We Can Do About It*, Basic Books, 2010, p. 114.
 - 11 Ibíd.
 - 12 David Pogue, «Laptop with a Mission Widens Its Audience», *New York Times*, 4 de octubre de 2007.

Otro ladrillo en el muro

- 13 Ken Robinson, *Busca tu elemento: aprende a ser creativo individual o colectivamente*, Urano, 2012.
- 14 Ibíd.
- 15 Entrevista personal con Ken Robinson, 2011.
- 16 Tony Wagner, Ibíd., p. 92.
- 17 Jay P. Greene, «The Cost of Remedial Education», Mackinac Center for Public Policy, 31 de agosto de 2000.
- 18 «Education Notebook: The Cost of American Education», Heritage Foundation, 15 de septiembre de 2006. Disponible en: www.heritage.org/research/education-notebook/education-notebook-the-cost-of-american-education.
- 19 Wagner, Ibíd., p. 23.
- 20 Wagner, Ibíd., p. 20.
- 21 El mejor lugar para saber esto es el Partnership for 21st Century Skills, www.p21.org, o James Bellanca, Ron Brandt, *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn*, Solution Tree, 2010.

- 22 Wagner, *Ibíd.*, p. 20.
- 23 El 2009 Report Card for America's Infrastructure de la American Society of Civil Engineers da a nuestra escuela pública una nota D. Véase aquí el informe (p. 125): www.infrastructurereportcard.org/sites/default/files/RC2009_full_report.pdf.

James Gee se encuentra con *Pajama Sam*

- 24 La mayor parte de este epígrafe se basa en entrevistas personales con James Gee, 2011, pero véase también: James Gee, *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo*, Ediciones Aljibe, 2004.
- 25 Véase James Gee, «The Legend of Zelda and Philosophy», Open Court, 31 de agosto de 2008.
- 26 Hay mucho que elegir de aquí, pero para empezar: J. P. Akpan y T. Andre, «Using a Computer Simulation Before Dissection to Help Students Learn Anatomy», *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 19, n. 3 (2000), pp. 297–313; M. P. J. Habgood, S. E. Ainsworth y S. Benford, «Endogenous Fantasy and Learning in Digital Games», *Simulation & Gaming* 36, n. 4 (2005), pp. 483–498; James Gee, «Why Are Video Games Good for Learning?», Disponible en: www.academiccolab.org/resources/documents/MacArthur.pdf.
- 27 Robert T. Hays et al., «Flight Simulator Training Effectiveness: A Meta-Analysis», *Military Psychology* 4 (1992). Véase también: Verena Dobnik, «Surgeons May Err Less by Playing Video Games», Associated Press, 7 de abril de 2004.
- 28 «Video Games Stimulate Learning», BBC.com, 18 de marzo de 2002.
- 29 Federation of American Scientists, «“Shoot-’em-up” Video Game Increases Teenagers’ Science Knowledge», 8 de diciembre de 2009.
- 30 Hama Yusuf, «Video Games Start to Shape Classroom Curriculum», *Christian Science Monitor*, 18 de septiembre de 2008.
- 31 Véase: <http://gamingthepast.net/theory-practice/mccall-simulation-games-as-historical-interpretations>.
- 32 Liz Taylor, «Employers: Look to Gaming to Motivate Staff», *IT-News*, 18 de marzo de 2010. También la página web Gaming

- the Classroom ha reunido una lista completa de vínculos sobre el trabajo de Sheldon aquí : <http://gamingtheclassroom.wordpress.com/2010/03/23/mentions-of-lees-game-design-class/>.
- 33 Proporciona una asombrosa presentación de este tema aquí: www.g4tv.com/videos/44277/dice-2010-design-outside-the-box-presentation.
- 34 Yusuf, *Ibíd.*
- 35 Jeremy Hsu, «New York Launches Public School Curriculum Based on Playing Games», *Popular Science*, 16 de septiembre de 2009.
- 36 www.gamepolitics.com/2011/03/09/president-obama-make-educational-software-compelling-video-games.

La ira de Kahn

- 37 Véase la conferencia TED de Khan: www.ted.com/talks/salman_khan_let_s_use_video_to_reinvent_education.html.
- 38 La mayor parte de este apartado se basa en una entrevista personal con Shantanu Sinha, presidente de la Academia Khan y director de Operaciones, 2011, pero véase también: Clive Thompson, «How Khan Academy Is Changing the Rules of Education», *Wired*, 15 de julio de 2011.
- 39 NPR presentó un buen «teniendo todo en cuenta» sobre la alianza, en junio de 2011: www.khanacademy.org/video/npr-story-on-ka-los-altos-pilots—june-2011?playlist=Khan%20Academy-Related%20Talks%20and%20Interviews.
- 40 Anya Kamenetz, «The 100 Most Creative People in Business 2011; Sal Khan: Kahn Academy», *Fast Company*, 15 de septiembre de 2011.

Esta vez es personal

- 41 Entrevista personal con James Gee, 2011.
- 42 Cathy N. Davidson y David Theor Goldberg, «The Future of Learning Institutions in a Digital Age», *The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Reports on Digital Media and Learning*, MIT Press, 2009.

- 43 [www.apangea.com/results/successStories/successStory_BillArnold_TX .htm](http://www.apangea.com/results/successStories/successStory_BillArnold_TX.htm).
- 44 Neal Stephenson, *La era del diamante: manual ilustrado para jovencitas*, Ediciones B, 19967.
- 45 Entrevista personal con Neil Jacobstein, 2011.
- 46 David M. Cutler y Adriana Lleras-Muney, «Education and Health», *National Poverty Center*, Policy Brief N.9, marzo de 2007.
- 47 Para una buena visión de conjunto, véase el blog del economista de Harvard Edward L. Glaeser para el *New York Times* aquí: <http://economix.blogs.nytimes.com/2009/11/03/want-a-stronger-democracy-invest-in-education>.
- 48 Véase: www.unicef.org/media/media_11986.html. Véase también: Nicholas Kristof y Sheryl Wu Dunn, «The Women's Crusade», *New York Times*, 17 de agosto de 2009.

Capítulo 15: Asistencia sanitaria

Esperanza de vida

- 1 La información está por todas partes. Para una perspectiva general breve: «Mortality», *Encyclopedia Britannica. Encyclopedia Britannica Online*. Encyclopedia Britannica, 2011. Web. 15 de septiembre de 2011, www.britannica.com/EBchecked/topic/393100/mortality. Y para un análisis de las actuales esperanzas de vida, véase el World Factbook de la CIA: www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2102rank.html.
- 2 Marvin Minsky, «Will Robots Inherit the Earth?», *Scientific American*, octubre de 1994.
- 3 «Health: A Millennium of Health Improvement», BBC, 27 de diciembre de 1997.
- 4 Esto según Platón. Véase el *Fedón* de Platón.
- 5 W.J. Rorabaugh, Donald T. Critchlow y Paula C. Baker, *America's Promise: A Concise History of the United States*, Rowman & Littlefield, 2004, p. 47.
- 6 Clark Nardinelli, «Industrial Revolution and the Standard of Living», *Concise Encyclopedia of Economics*, Liberty Fund, 2008.

- 7 Laura B. Shrestha, «Life Expectancy in the United States», *CRS Report for Congress*, 16 de agosto de 2006. Véase también: www.pbs.org/fmc/timeline/dmortality.htm.
- 8 Para empezar aquí está la lista validada de supercentenarios (los de ciento diez años y más): www.grg.org/Adams/E.HTM. Véase también «Supercentenarians Around the World», *Christian Science Monitor*, disponible en: www.csmonitor.com/World/2010/0810/Supercentenarians-around-the-world/Italy.
- 9 *Guinness World Records*, Planeta, edición de 1999, p. 102.

Los límites del ser humano

- 10 D. C. Savage, «Microbial Ecology of the Gastrointestinal Tract», *Annual Review of Microbiology* 31 (1977), pp. 107-133.
- 11 Anna-Marie Vilamvská y Annalijn Conklin, «Improving Patient Safety: Addressing Patient Harm Arising from Medical Errors», *Policy Insight* 3, n. 2 (abril de 2009).
- 12 «More Than a Quarter of the World's Countries Struggling to Provide Basic Health Care Due to Health Worker Shortfalls», Organización Mundial de la Salud, Segundo Foro Global de Recursos Humanos para la Salud, Bangkok, Tailandia, 25-29 de enero de 2011.
- 13 Saraladevi Naicker, Jacob Plange-Rhule, Roger C. Tutt y John B. Eastwood, «Shortage of Healthcare Workers in Developing Countries—Africa», *Ethnicity & Disease* 19 (primavera de 2009), p. 1.
- 14 *Ibíd.*, p. 2.
- 15 Suzanne Sataline y Shirley Wang, «Medical Schools Can't Keep Up», *Wall Street Journal*, 12 de abril de 2010.

Watson va a la Facultad de Medicina

- 16 Joab Jackson, «IBM Vanquishes Human Jeopardy! Foes», *PCWorld*, 16 de febrero de 2011.
- 17 Bruce Weber, «Swift and Slashing, Computer Topples Kasparov», *New York Times*, 12 de mayo de 1997.
- 18 Bill Hewitt, «Big Data: Big Costs, Big Risks, and Big Opportunity», *Forbes*, 27 de mayo de 2011.

- 19 Collin Berglund, «Watson Artificial Intelligence Being Directed Toward Medicine at UMD», Capital News Service, 21 de abril de 2011. Also see: www.huffingtonpost.com/2011/05/21/ibm-watson-supercomputer-_n_865157.html.
- 20 Jim Fitzgerald, «IBM Watson Delving into Medicine», *USA Today*, 21 de mayo de 2011.
- 21 Véase: www.youtube.com/watch?v=NBxCczOfN4k. Zero-Cost Diagnostics

Diagnósticos de coste cero

- 22 Katherine Bourzac, «X-rays Made with Scotch Tape», *Technology Review*, 10 de octubre de 2008.
- 23 Carlos G. Camara, Juan V. Escobar, Jonathan R. Hird y Seth J. Putterman, «Correlation Between Nanosecond X-ray Flashes and Stick-Slip Friction in Peeling Tape», *Nature* 455 (23 de octubre de 2008), pp. 1.089–1.092.
- 24 Sexta temporada, episodio 16.
- 25 Entrevista personal con Dale Fox, 2010.
- 26 Entrevista personal con George Whitesides, 2011. Véase también: www.ted.com/talks/george_whitesides_toward_a_sciencce_of_simplicity.html.
- 27 Whitesides, TED, *Ibíd.*
- 28 Entrevista personal con Anita Goel. Véase también: www.nanobiosym.com y www.technologyreview.com/tr35/profile.aspx?trid=97.
- 29 Abbie Smith, «“Lab in a Chip” Card to Revolutionize Blood Tests», *Healthcareglobal.com*, 1 de agosto de 2011. Véase una demostración en directo: <http://singularityhub.com/2011/08/10/new-lab-on-a-chip-is-an-hiv-test-that-fits-in-your-pocket-video>.
- 30 Paul Jacobs, consejero delegado de Qualcomm, aseguró el coste de desarrollar el diseño del PREMIO X Tricorder. En el momento de la publicación de este libro, el PREMIO X y Qualcomm siguen discutiendo sobre la financiación y el lanzamiento de esta competición. El premio está diseñado para acelerar la tecnología necesaria para la abundancia de asistencia sanitaria. Mandar un mensaje al busca del doctor Da Vinci para que acuda al quirófano

- 31 Véase www.who.int/blindness/causes/priority/en/index1.html.
- 32 www.orbis.org.
- 33 Entrevista personal con Catherine Mohr, 2011. Véase: www.intuitivesurgical.com.
- 34 Steve Sternberg, «Robot Reinvents Bypass Surgery», *USA Today*, 30 de abril de 2008. Véase también: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/doc-at-a-distance>.
- 35 Barnaby J. Feder, «A Medical Robot Makes Headway», *New York Times*, 12 de febrero de 2008.
- 36 Katherine Bourzac, «Robotic Guidance for Knee Surgery», *Technology Review*, 27 de marzo de 2008.

Robot enfermero

- 37 James R. Knickman y Emily K. Snell, «The 2030 Problem: Caring for Aging Baby Boomers», *Health and Human Services* 34, n. 4 (agosto de 2002), pp. 849-884.
- 38 Matthew Sedensky, «Latest US Census Reveals Doubling of Centenarian Population», *Spectator*, 27 de abril de 2011, y www.prcdc.org/300million/The_Aging_of_America.
- 39 Todo este envejecimiento está cambiando nuestro mundo; véase Steven Heller, «Let the 80s Roll», *Theatlantic.com*, 1 de septiembre de 2011: www.theatlantic.com/life/archive/2011/09/let-the-80s-roll-in-the-design-world-octogenarians-rule/244452.
- 40 www.un.org/esa/population/publications/wpp2002/WPP2002-HIGHLIGHTSrev1.PDF.
- 41 Véase: www.cdc.gov/nchs/nnhs.htm, pero también Sandra Block, «Eldercare Shifting Away from Nursing Homes», *USA Today*, 1 de febrero de 2008.
- 42 Entrevista personal con Dan Barry, 2010, pero para su biografía de la NASA: www.jsc.nasa.gov/Bios/htmlbios/barry.html; y para su biografía en *Supervivientes*: www.cbs.com/shows/survivor/cast.
- 43 Para una gran conferencia de Barry sobre el futuro de la robótica: <http://singularityhub.com/2009/11/18/dan-barry-the-future-of-robotics-singularity-university-video>.
- 44 En su libro de 2007 *Love and Sex with Robots*, el ajedrecista y

experto en inteligencia artificial británico David Levy sostiene que los robots se convertirán en parejas sexuales importantes para los humanos, y la tendencia va en esa dirección. Jack Scholfield cubrió la historia para el *Guardian* aquí: www.guardian.co.uk/technology/2009/sep/16/sex-robots-david-levy-loebner.

- 45 Según el doctor Barry, el precio en cinco años para un robot telepresente de oficina o doméstico será de mil dólares. No tendrá brazos, pero sí unas capacidades de navegación autónoma en interiores razonables. Añadirle brazos y convertirlos en enfermeros robóticos aumentará el precio hasta alrededor de 5.000 dólares, ya que es difícil hacer que los robots sean lo suficientemente seguros y fiables como para trabajar en un entorno doméstico. Podrían costar menos sin preocupaciones de responsabilidades jurídicas.
- 46 Entrevista personal con el doctor Dan Barry, 2011, www.informationweek.com/news/windows/microsoft_news/229300784. Microsoft vendió más de diez millones de unidades de sensores Kinect desde su lanzamiento en noviembre de 2010, convirtiéndolo en uno de los aparatos de la industria tecnológica más vendidos de la historia.
- 47 Entrevista personal con el doctor Dan Barry, 2011.

La poderosa célula madre

- 48 Entrevista personal con Robert Hariri, 2011. Pero para una buena conferencia de Hariri sobre la materia: www.youtube.com/watch?v=eF3IaYyz8js.
- 49 La película clásica de culto, de 1984, *Las aventuras de Buckaroo Banzai a través de la octava dimensión* representaba los esfuerzos del multifacético doctor Buckaroo Banzai (Peter Weller), un físico, neurocirujano, piloto y músico de rock, para salvar el mundo. No sé si el neurocirujano Robert Hariri puede tocar algún instrumento musical, pero sí sé que este aviador militar (y vicepresidente de Rocket Racing League) ha desarrollado una de las empresas de células madre más importantes y que tiene el potencial para evitar a gran parte del mundo el dolor y el sufrimiento.

- 50 Para una buena visión de conjunto sobre las células madre y el futuro de la medicina: Sarah Boseley, «Medical Marvels», *Guardian*, 29 enero de 2009. También, los National Institutes of Health (NIH) tienen una base de datos fantástica sobre las células madre: <http://stemcells.nih.gov/info>.
- 51 Entrevista personal con Daniel Kraft, 2010 y 2011. Véase también Kraft en TED: www.ted.com/talks/daniel_kraft_invents_a_better_way_to_harvest_bone_marrow.html.
- 52 Para empezar, es difícil superar ver a Atala imprimir un riñón en escena en TED: www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney.html. Véase también: Megan Johnson, «Anthony Atala: Grinding Out New Organs One at a Time», *US News and World Report*, 30 de enero de 2009.
- 53 <http://optn.transplant.hrsa.gov/data>. En otoño de 2011 la cifra era de 89.807 personas esperando riñones de un total de 112.264 en las listas de espera.
- 54 Véase <http://newsinhealth.nih.gov/issue/mar2011/Feature1>.
- 55 Kazutoshi Takahashi et al., «Induction of Pluripotent Stem Cells from Adult Human Fibroblast by Defined Factors», *Cell* (2007). Véase también: <http://news.sciencemag.org/science-now/2007/11/20-01.html> and <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/07/110720115252.htm>.

Predictiva, personalizada, preventiva y participativa

- 56 Para una introducción: Emily Singer, «A Vision for Personalized Medicine», *Technology Review*, 9 de marzo de 2010. Véase también: www.systemsbiology.org/Intro_to_Systems_Biology/Predictive_Preventive_Personalized_and_Participatory.
- 57 Emily Singer, «The \$100 Genome», *Technology Review*, 17 de abril de 2008.
- 58 Richard Troyer y Jamie Kiggen, «New Technologies Spur the Race to Affordable Genome Sequencing», *Bernstein Journal*, otoño de 2007.
- 59 www.mayoclinic.com/health/personalized-medicine/CA00078.
- 60 Benjamin Caballero, «The Global Epidemic of Obesity: An Overview», *Epidemiologic Reviews* 29, n. 1 (13 de mayo de 2007),

- pp. 1-15. Véase también: www.who.int/nutrition/topics/obesity/en.
- 61 www.scientificamerican.com/article.cfm?id=reprogramming-biology.
- 62 “Ray Kurzweil, Reprogramming Biology», *Scientific American* 295, n. 38 (2006), pp. 706-738.
- 63 Amy Harmon, «My Genome, Myself: Seeking Clues in DNA», *New York Times*, 17 de noviembre de 2007.
- 64 Otra empresa 10⁹+ SU, Senstore, está centrada en amplificar esta tendencia al facultar a la comunidad «hazlo tú mismo» para que cree una nueva generación de sensores de baja energía y bajo coste para el cuidado de la salud. Véase: www.senstore.com.
- 65 Entrevista personal con Thomas Goetz, 2010. Véase también: Thomas Goetz, *The Decision Tree: Taking Control of Your Health in the Era of Personalized Medicine*, Rodale, 2010.
- 66 Para empezar, aquí hay un blog sobre cómo utilizar tu iPhone para monitorizar los ciclos del sueño: <http://blog.snoozester.com/2011/06/08/sleep-cycle-turn-your-iphone-into-a-sleep-tracking-device>. Véase también: Amanda Schaffer, «In Which I Bug Myself», *Slate.com*, 7 de noviembre de 2007. Disponible en: www.slate.com/id/2177551. Y para los apps que monitorizan el corazón: www.iphoneness.com/iphone-apps/best-heart-rate-monitors-for-iphone.

Una era de abundancia en asistencia sanitaria

- 67 Véase Daniel Kraft en TED: www.ted.com/talks/daniel_kraft_medicine_s_future.html.
- 68 Vital Wave Consulting, «mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology in the Developing World», Fundación de Naciones Unidas, Fundación Vodaforne, febrero de 2009.
- 69 Stephanie Busari, «Texts Used to Tackle South Africa HIV Crisis», *CNN*, 9 de diciembre de 2008.
- 70 Brian Dolan, «White House CTO Officially Launches Text4Baby», *Mobihealthnews.com*, 4 de febrero de 2010.
- 71 Véase su conferencia TED sobre el tema: www.ted.com/talks/

bill_gates_unplugged.html, Also see: www.gatesfoundation.org/topics/Pages/malaria.aspx.

Capítulo 16: Libertad

Poder para el pueblo

- 1 Para un resumen bastante bueno de los puntos de vista de Sen véase el artículo del economista de Harvard Richard Cooper en *Foreign Affairs* (enero-febrero de 2000), disponible aquí: www.foreignaffairs.com/articles/55653/richard-n-cooper/the-road-from-serfdom-amartya-sen-argues-that-growth-is-not-enough; o véase el libro de Sen *Desarrollo y libertad*.
- 2 Megha Barea, «Citizen Voices», *Forbes*, 20 de noviembre de 2008.
- 3 Denis Nzioka, «Security Initiative for Kenyan LG BTI Launched», *Gaykenya.com*, 28 de marzo de 2011.
- 4 www.newtactics.org/en/blog/new-tactics/geo-mapping-human-rights#comment-3114.
- 5 <http://blogs.ushmm.org/worldiswitness>.
- 6 <http://wikileaks.org>.
- 7 www.cuidemoselvoto.org.
- 8 «“Enough Is Enough Nigeria” Receives Grant from Omidyar Network to Promote Transparency Around the Presidential Elections», *PR Newswire*, 22 de febrero de 2011.
- 9 Entrevista personal con Eric Schmidt, 2011.
- 10 Oliver August, «The Great Firewall: China’s Misguided—and Futile—Attempt to Control What Happens Online», *Wired*, 23 de octubre de 2007.
- 11 Tal como informó Rosebell Kagumire, un bloguero invitado para el *Christian Science Monitor*: www.csmonitor.com/World/Africa/Africa-Monitor/2011/0613/Africa-and-the-Internet-a-21st-century-human-rights-issue.

Un millón de voces

- 12 Entrevista personal con Jared Cohen, 2011.

- 13 Jared Cohen, *Children of Jihad: A Young American's Travels Among the Youth of the Middle East*, Gotham, 2007, p. 3.
- 14 Ibíd. O véase: Caroline Berson, «The Iranian Baby Boom», *Slate.com*, 12 de junio de 2009.
- 15 El *New York Times* tiene una página muy buena con una visión de conjunto aquí: http://topics.nytimes.com/top/reference/timestopics/organizations/r/revolutionary_armed_forces_of_colombia/index.html; el Center for International Policy tiene otra: www.ciponline.org/colombia/infocombat.htm.
- 16 Harvey W. Kushner, *The Encyclopedia of Terrorism*, Sage, 2003, p. 252.
- 17 Mark Potter, «Colombian Kidnapping Nightmare», el *Daily Nightly* en *msnbc.com*, 28 de marzo de 2008. Disponible en: http://dailynightly.msnbc.msn.com/_news/2008/03/28/4372333-colombian-kidnapping-nightmare.
- 18 Para Cohen y Morales: Rick Schmitt, «Diplomacy 2.0», *Stanford magazine*, mayo–junio de 2010; para una visión de conjunto más amplia: Martia Camila Pacrez, «Facebook Brings Protest to Colombia», *New York Times*, 8 de febrero de 2008.
- 19 Para una estupenda visión de conjunto del crecimiento exponencial de «Un millón de voces» y un gran video de Morales contando la historia: www.movements.org/case-study/entry/oscar-morales-and-one-million-voices-against-farc.
- 20 Para una visión de conjunto más amplia de la tendencia: Jesse Lichtenstein, «Digital Diplomacy», *New York Times Magazine*, 16 de julio de 2010. Para lo que tienen que decir el Departamento de Estado: www.state.gov/statecraft/index.htm.
- 21 www.state.gov/statecraft/index.htm.
- 22 Rick Schmitt, Ibíd.

Bits sí, bombas no

- 23 Bob Drogin y Tina Susman, «Internet Making It Easier to Become a Terrorist», *LA Times*, 11 marzo de 2010. Véase también este reportaje de *60 Minutes*: www.cbsnews.com/stories/2007/03/02/60minutes/main2531546.shtml.
- 24 Rhys Blakely, «Google Earth Accused of Aiding Terrorists», *Sunday Times* de Londres, 9 de diciembre de 2009. Véase tam-

- bién: Emily Wax, «Mumbai Attackers Made Sophisticated Use of Technology», *Washington Post*, 3 de diciembre de 2008.
- 25 Tim Querengesseri, «Cellphones Spread Kenyans' Messages of Hate», *Globe and Mail*, 29 de febrero de 2008.
- 26 Christina Larson, «State Department Innovator Goes to Google», *Foreign Policy*, 7 de septiembre de 2010.
- 27 Eric Schmidt y Jared Cohen, «The Digital Disruption», *Foreign Policy*, noviembre-diciembre de 2010.
- 28 *Technology Review* llevó a cabo un reportaje de conjunto sobre el uso de la tecnología en la Primavera Árabe: www.technologyreview.com/ontopic/arabspring; FORATV hizo una breve entrevista a Jared Cohen sobre la tecnología y la Primavera Árabe: www.dailymotion.com/video/xjgxcg9_jared-cohen-technology-s-role-in-arab-spring-protests_news. Para una visión de conjunto de la Primavera Árabe: Jack Gladstone, «Understanding the Revolutions of 2011», *Foreign Affairs*, mayo-junio de 2011.
- 29 Philip N. Howard, «The Arab Spring's Cascading Effects», *Miller McCune*, 23 de febrero de 2011.
- 30 Mary Beth Sheridan, «Autocratic Regimes Fight Web Savvy Opponents with Their Own Tools», *Washington Post*, 22 de mayo de 2011.
- 31 Evgeny Morozov, *El desengaño de Internet: Los mitos de la libertad en la red*, Destino, 2012.
- 32 «The Digital Disruption», *Ibíd.*

Sexta parte: Conducir más rápidamente

Capítulo 17: Manejar la innovación y los avances tecnológicos

Miedo, curiosidad, avaricia y relevancia

- 1 Estas cuatro motivaciones y su importancia relativa son opiniones de los autores. De forma interesante, la significación -la búsqueda de significado- resulta ser una motivación mucho más fuerte de lo que sospecha la mayoría. Para la versión larga de este punto de vista, véase *Drive* de Daniel Pink; para la versión corta, véase: www.youtube.com/watch?v=u6XAPnuFjjc.
- 2 Monika Gisler y Didier Sornette, «Exuberant Innovation: The Apollo Program», *Springer Science y Business Media*, 25 de noviembre de 2008, disponible aquí: www.rieti.go.jp/jp/events/09030501/pdf/5-4_E_Sornette_Paper5_o.pdf.
- 3 http://comptroller.defense.gov/defbudget/fy2011/fy2011_budget_request_overview_book.pdf.
- 4 Dan Vergano, «Proposed Budget Cuts Target Science and Research», *USA Today*, 1 de marzo de 2011.

El nuevo Espíritu de San Luis

- 5 Véase: www.charleslindbergh.com/plane/orteig.asp.
- 6 Véase: www.century-of-flight.net/Aviation%20history/daredevils/Atlantic%202.htm.
- 7 Ibíd.
- 8 *Salt Lake City Tribune* 113, n. 161 (22 de septiembre de 1926).

- 9 Charles A. Lindbergh, Reeve Lindbergh, *The Spirit of St. Louis*, Scribner, 2003, p. 119.
- 10 “History of Flight: Checking In on the Missing Persons File», *Air & Space Magazine*, 1 de septiembre de 2010.
- 11 <http://www.charleslinlbergh.com>.
- 12 www.charleslinlbergh.com/plane/orteig.asp.
- 13 Entrevista personal con Gregg Maryniak, 2010.
- 14 A menudo reconozco a Gregg haber ayudado a inspirar la creación del PREMIO X, pero nuestra amistad es mucho más profunda. Nos conocemos desde principios de los años ochenta, cuando él era director ejecutivo del Instituto de Estudios Espaciales y asesor de mi primera organización, Estudiantes para la Exploración y Desarrollo del Espacio (SEDS). Maryniak, de formación abogado litigante, es el único consejero que conozco que puede enseñar tanto mecánica orbital como dar una conferencia sobre el futuro de la energía. Una vez que se creó la Fundación PREMIO X, Gregg se unió a ella a tiempo completo, y se llevó a su familia desde Princeton, Nueva Jersey, hasta Saint Louis para convertirse en mi socio y en director ejecutivo del PREMIO X. Gran parte del éxito de la fundación se debe a él.
- 15 Lindbergh y Lindbergh, *Ibíd.*
- 16 Charles A. Lindbergh, *The Spirit of St. Louis*, Scribner, 2003.
- 17 Después de leer *The Spirit of St. Louis* y de tener la idea inicial del PREMIO X, una serie de personas clave fueron fundamentales para asesorarme y ayudarme a encontrar financiación para la competición. Algunas de las primeras personas a las que me dirigí en busca de consejo y ayuda incluyen a Gregg Maryniak, James Burke (que me instruyó sobre los esfuerzos de Paul McCready en el Premio Kremer) y Bill Gaubatz, que estaba dirigiendo el programa DC-X en McDonnell Douglas. Dos personas que merecen un importante reconocimiento como fundadores iniciales y conspiradores conmigo son el doctor Byron K. Lichtenberg, compañero de graduación del MIT y en dos ocasiones especialista de carga del Space Shuttle, y Colette M. Bevis, que desempeñó un papel decisivo en el primer negocio serio de turismo espacial de la historia a cargo de la Society Expeditions, con sede en Seattle.

- 18 Leí por primera vez sobre Anousheh Ansari en el número de 2001 de la revista *Fortune* «40 de menos de 40». En el artículo, para mi sorpresa, Anousheh expresaba su deseo de realizar un vuelo suborbital al espacio. Convertí en mi misión encontrarla, y lo hice, a ella y a su marido, Hamid, de vacaciones en Hawái, y fui su primera cita cuando regresaron a su casa en Dallas. Byron Lichtenberg y yo les presentamos conjuntamente la oportunidad, y rápidamente ofrecieron su patrocinio. Cambiamos el nombre de la competición a Ansari PREMIO X en su honor. Anousheh, nacida en 1966 en Mashhad, Irán, había escrito a medias unas memorias excelentes, *My Dream of Stars* (junto a Homer Hickam), que cubría las décadas que iban desde su infancia hasta su vuelo privado a la Estación Espacial Internacional. Junto a Hamid y su cuñado Amir, Anousheh había sido una empresaria en serie, que había fundado cuatro empresas relacionadas con las telecomunicaciones. Su tercera empresa, Telecom Technologies, desarrollaba un software de telefonía IP que se vendió a Sonus Networks en 2000. Esta venta les proporcionó el capital para patrocinar el PREMIO X. Desde entonces los tres han fundado Prodea Systems. Anousheh y Amir (que también es una gran fan del espacio y el jefe principal de tecnología de la familia) se sentaban en la junta directiva del PREMIO X.

El poder de las competiciones

- 19 Dava Sobel, *Longitud: la verdadera historia de un genio solitario que resolvió el mayor problema científico de su tiempo*, Debate, 1998.
- 20 Steve Lohr, «Change the World, and Win Fabulous Prizes», *New York Times*, 21 de mayo de 2011.
- 21 «And the Winner Is: Capturing the Promise of Philanthropic Prizes», disponible en: www.mckinsey.com/app_media/reports/sso/and_the_winner_is.pdf.
- 22 El Ansari PREMIO X incitó a apuntarse a veintiséis equipos de siete países. Muchos de esos equipos siguen activos actualmente como empresas espaciales. Además de los equipos registrados, se creó un número significativo de empresas espaciales privadas a raíz de la publicidad, cambios regulatorios e interés

- de los inversores como resultado del Ansari PREMIO X. Una lista de todos los equipos competidores está disponible en la página de Wikipedia de la competición: http://en.wikipedia.org/wiki/Ansari_X_Prize.
- 23 Como resultado directo del Ansari PREMIO X, el Grupo Virgin Atlantic invirtió más de cien millones de dólares en Virgin Galactic. Después de eso, el grupo inversor Aabar (de Abu Dhabi) compró el 32 por ciento de las acciones por 280 millones de dólares (y con planes para invertir otros cien millones). Véase: www.spacenews.com/venture_space/abu-dhabi-company-invest-virgin-galactic.html. Al mismo tiempo, el gobierno de Nuevo Mexico ha invertido más de doscientos millones en construir un aeropuerto espacial. Véase: <http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903352704576540690208736946.html>. Otras empresas espaciales privadas como Blue Origin y SpaceX han invertido cientos de millones en instalaciones privadas de lanzamiento. Finalmente, hay numerosas empresas pequeñas con inversiones que van desde millones hasta decenas de millones; entre ellas Zero Gravity Corporation, Space Adventures, Armadillo Aerospace, Rocket Racing League, XCOR y Masten, por mencionar solo unas cuantas.
- 24 Esta cifra incluye tanto cientos de billetes suborbitales vendidos por Virgin Galactic a 200.000 dólares por persona y cientos de asientos vendidos por Space Adventures para vuelos suborbitales a 105.000 dólares por persona. La cifra también incluye los billetes vendidos por Space Adventures para vuelos orbitales a la Estación Espacial Internacional. Desde 2001, Space Adventures, que cofundé y de la que soy vicedirector, ha vendido ocho billetes en precios publicados que van desde veinte millones de dólares (a Dennis Tito en 2001) hasta 35 millones (a Gui LaLiberte en 2009). Véase: www.huffingtonpost.com/2009/09/30/guy-laliberte-billionaire_n_303980.html.
- 25 El *New York Times* tiene un archivo de toda su cobertura del derrame aquí: http://topics.nytimes.com/top/reference/timestopics/subjects/o/oil_spills/gulf_of_mexico_2010/index.html; *Mother Jones* ha hecho lo mismo: <http://motherjones.com/category/primary-tags/bp>.
- 26 Normalmente, un PREMIO X consume nueve meses en diseño,

- financiación y lanzamiento. La idea de hacerlo en una franja de tiempo condensada en respuesta a un desastre como la explosión del Deepwater Horizon fue propuesta por el miembro del consejo más reciente, James Cameron.
- 27 Henry Fountain, «Advances in Oil Spill Cleanup Lag Since Valdez», *New York Times*, 24 de junio de 2010. Véase también: Eric Nalder, «Decades After Exxon Valdez, Cleanup Technology Still Same», *Houston Chronicle*, 17 de mayo de 2010.
- 28 Entrevista personal con Wendy Schmidt, 2011.
- 29 Para una visión de solo diez de los equipos que participaron en el Premio de Limpieza de Petróleo, véase: Morgan Clendaniel, «The 10 Contenders for X Prize's Latest Challenge: Removing Oil from Water», *Fast Company*, 26 de mayo de 2011.
- 30 Sobel, *Ibíd.*

El poder de los pequeños grupos (segunda parte)

- 31 Se le atribuye ampliamente; por ejemplo, *And I Quote: The Definitive Collection of Quotes, Sayings, and Jokes for the Contemporary Speechmaker*, St. Martin's, 1992, editado por Ashton Applewhite, Tripp Evans y Andrew Frothingham.
- 32 Alan Boyle, «Lunar Lander Contest Cleared for Liftoff», MSNBC.com, 5 de mayo de 2006.
- 33 Jeff Foust, «The Legacy of DC-X», *Space Review*, 25 de agosto de 2008.
- 34 www.nasa.gov/home/hqnews/2009/nov/HQ_09-258-Lunar_Lander.html.
- 35 Entrevista personal con John Carmack, 2010. Véase también: www.armadilloaerospace.com/n.x/Armadillo/Home. También: Loeonard Davis, «Armadillo Rocket Takes \$350,000 Prize», MSNBC.com, 26 de octubre de 2008, www.msnbc.msn.com/id/27368176/ns/technology_and_science-space/t/armadillo-rocket-takes-prize/#.TnONNK44ubE.
- 36 Véase: www.wired.com/autopia/2010/01/auto-x-prize-cruises-into-michigan-for-2010-competition and <http://www.wired.com/wiredscience/2008/03/x-prize-rolls-o>.
- 37 Robert (Bob) Weiss se unió al PREMIO X en 1996 como vicepresidente de la fundación y después, en 2008, se convirtió en

presidente a tiempo completo, dirigiendo todas las actividades y finanzas. Bob, que es sobre todo responsable del crecimiento de la fundación y de su éxito desde que se dedica a tiempo completo, pasó los primeros veinticinco años de su carrera como productor de mucho éxito de televisión y cine. Véase: www.imdb.com/name/nm0919154. Aunque produjo veinte películas, es más conocido por títulos como *Granujas a todo ritmo*, *Kentucky Fried Movie*, *Agárralo como puedas*, *Movida en el Roxbury*, *Tommy Boy*, *The Ladies Man* y *Scary Movie 3* y 4. También produjo algunas series de televisión clásicas, incluyendo *Police Squad!*, *Sliders* y *Una chica explosiva*.

- 38 www.googlelunarxprize.org. El Google Lunar X PRIZE (or GLXP) fue lanzado en septiembre de 2008, con treinta millones de dólares ofrecidos por Google como patrocinador único, a cualquier equipo capaz de construir y lanzar un robot a la superficie de la luna. El premio recibió luz verde principalmente por Sergei Brin y Eric Schmidt, dado que Larry Page era miembro del consejo del PREMIO X. Dada la importancia de esta tecnología para la NASA, en 2010 la agencia anunció un programa complementario que ofrecía hasta treinta millones de dólares en contratos a equipos que cumplieran los objetivos principales de GLXP. Véase: www.space.com/9343-nasa-spend-30-million-private-moon-data.html. Actualmente, la competición está dirigida por Alexandra Hall, anterior consejera delegada de Airstrip Ventures y del Chabot Space and Science Center.

- 39 Véase: <http://genomics.xprize.org>. El Archon Genomics PREMIO X, presentado por Medco es una bolsa de diez millones de dólares financiada por los filántropos Stewart y Marilyn Blusson y apoyada por el gigante del diagnóstico, Medco Inc. La competición pide a los equipos que secuencien cien genomas humanos de personas centenarias y saludables en menos de diez días, y con un coste inferior a 1.000 dólares, con una precisión superior a un error por millones de pares de bases. Este es un resultado que mejora la ratio precio-tiempo en más de 365 millones de veces respecto al trabajo realizado por Craig Venter en 2001. Este PREMIO X está actualmente activo y nadie lo ha reclamado.

El poder de las limitaciones

- 40 Dan y Chip Heath, «Get Back in the Box», *Fast Company*, 1 de diciembre de 2007.
- 41 Peter Aldhous, «Genome Sequencing Falls to \$5,000», *New Scientist*, 6 de febrero de 2009.

Soluciones de precio fijo

- 42 Se han lanzado y premiado las siguientes: Ansari PREMIO X, Automoción Progresiva PREMIO X, Alunizador de Northrop Grumman DESAFÍO X y Limpieza de vertidos de petróleo Wendy Schmidt DESAFÍO X. Se han lanzado, pero no premiado: Archon Genomics PREMIO X y Google Lunar PREMIO X. En el momento de la publicación de este libro hay tres PREMIOS X en desarrollo, cualquiera de ellos puede ser lanzado a principios de 2012: Qualcomm Tricorder PREMIO X, Coche Autónomo PREMIO X y Captura de Carbono Triestatal PREMIO X.
- 43 La petición de presupuesto federal para el año fiscal (FY) 2011 incluía un total de 20.400 millones de dólares para VIH y SIDA doméstico, con un aumento del 4 por ciento respecto a la financiación del año anterior, que ascendía a 19.600 millones. Véase: www.avert.org/america.htm#contentTable7.
- 44 En una reunión PARC de 1971.

Capítulo 18: Riesgo y fracaso

La evolución de una gran idea

- 1 Entrevistas personales con Arthur C. Clarke, 1982, 1987 y 1989. Coincidió por primera vez con Clarke en Viena, en la Conferencia de Usos Pacíficos del Espacio Exterior de Naciones Unidas. Clarke se convirtió en amigo y asesor de mi primera organización, SEDS, y posteriormente en rector de la Universidad Internacional del Espacio (ISU), la universidad que fundé con Todd B. Hawley y Robert D. Richards (www.Isunet.edu). Estas

entrevistas tuvieron lugar durante mis dos visitas a Sri Lanka y durante las numerosas visitas en Nueva York y Washington con motivo de su papel como rector de la ISU (www.youtube.com/watch?v=d_VRxxkuzIbI). Estoy muy orgulloso de ser el ganador del Premio de Innovación Arthur C. Clarke (www.clarkefoundation.org/news/031008.php).

- 2 Entrevista personal con Tony Spear, 2011. Para su biografía oficial de la NASA: <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/MPF/bios/team/spear1.html>. Tony también trabajó para mí como director de programas de una empresa llamada BlastOff!, de la cual fui consejero delegado entre 1999 y 2001. BlastOff! era una empresa de Idealab centrada en realizar la primera misión privada a la Luna, muy parecido a lo que sería después el GLXP.
- 3 www.nasa.gov/mission_pages/viking.
- 4 Diarios del director de la Mars Pathfinder, diarios ACE, y colección de formularios de peticiones de mando, 1996–98, JPL 264 disponible en: <http://pub-lib.jpl.nasa.gov/docushare/dsweb/Get/Document-1031/JPL264,%20Mars%20Pathfinder%20Director's%20Logs,%20ACE%20Logs,%20and%20Command%20Request%20Forms%20Collection,%20%201996-1998.pdf>.
- 5 Para una descripción del proceso de innovación de los airbags del JPL: <http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/mpf/edl/edl1.html>. Y para el de la NASA: www.nasa.gov/centers/glenn/about/history/marspbag.html.
- 6 «One Marvelous Martian Week», CNN, 11 de julio de 1997.
- 7 Véase: <http://mars.jpl.nasa.gov/msp98/news/news68.html>.
- 8 Entrevistas personales con Rutan 2002-2008.

La ventaja de fracasar

- 9 «Why Failure Drives Innovation.» *Stanford GBS News*, marzo de 2011.
- 10 Atribuido. Pero véase James Dyson, «No Innovator's Dilemma Here: In Praise of Failure», *Wired*, 8 de abril de 2011.
- 11 Bryan Gardiner, «Learning from Failure: Apple's Most Notorious Flops», *Wired*, 24 de enero de 2008.
- 12 <http://en.wikipedia.org/wiki/IPhone>.

- 13 Entrevista personal con Arianna Huffington, 2011, pero véase también: Arianna Huffington, *On Becoming Fearless*, Little Brown, 2006.
- 14 Joseph Campbell, *A Joseph Campbell Companion: Reflections on the Art of Living*, Harper Perennial, 1995, p. 202.

Nacido por encima de la línea de supercredibilidad

- 15 La primera persona que sugirió llevar la fundación a Saint Louis fue Doug King, que acababa de tomar posesión como presidente del Centro Científico de St. Louis. A través de King me presentaron a dos líderes cívicos fundamentales: Alfred Kerth y Dick Fleming Kerth presidente de Progreso Cívico y vicepresidente de Fleishman Hillard, merece mucho del reconocimiento por nuestro éxito en conseguir financiación. Él concibió la organización Nuevo Espíritu de St. Louis (NSSL) y ayudó a lanzar el PREMIO X por encima de la línea de supercredibilidad el 18 de mayo de 1996. También fue fundamental Fleming, que ayudó a presentarnos a Gregg Maryniak, nuestro primer director ejecutivo, y a mí mismo, a muchos de los mecenas financieros de St. Louis. Familias como McDonnell, Taylor, Danforth, Busch, Maritz y Holton, contribuyeron de manera generosa. Marc Arnold, uno de los primeros miembros del Nuevo Espíritu de St. Louis, y Ralph Korte, nuestro primer miembro de NSSL, también contribuyeron. Todos los miembros de NSSL aportaron 25.000 dólares cada uno. Algunos, como el escritor Tom Clancy aportó tanto como 100.000 dólares. Todos los fondos fueron a apoyar la fundación y su misión educativa.
- 16 Conocí a Erik y Morgan Lindbergh a través de su tía Reeve Lindbergh. Erik se convertiría en miembro del consejo de administración de la fundación, y en 2002, en el septuagésimo quinto aniversario del vuelo de su abuelo, recreó el ahora famoso vuelo de San Diego a St. Louis, y a Nueva York a París y consiguió fondos para apoyar la fundación.
- 17 El mérito por juntar a estos astronautas es de uno de los fundadores originales del PREMIO X, el doctor Byron K. Lichtenberg, que también fue cofundador de la Asociación de Exploradores del Espacio (ASE). Esta fue una organización de apoyo

del PREMIO X, y Andy Turnage, Rusty Schewickart (también cofundador de ASE) y Lichtenberg reunieron al grupo, que incluía a Buzz Aldrin y muchos de los astronautas de los programas Mercury, Gemini, Apollo y del Space Shuttle.

- 18 Como jefe de la Oficina para los Vuelos Espaciales Comerciales, Smith ayudó a crear y aprobar la legislación necesaria para los vuelos espaciales comerciales privados.

Piensa diferente

- 19 Solo texto: <http://americandigest.org/mt-archives/004924.php>; video: <http://www.youtube.com/watch?v=4oAB83Z1ydE>.
- 20 Henry Ford, *My Life and Work: An Autobiography of Henry Ford*, Create Space, 2011, p. 66.
- 21 Joe P. Hasler, «Is America's Space Administration Over the Hill? Next-Gen NASA», *Popular Mechanics*, 26 de mayo de 2009.

Sentirnos cómodos con los fracasos

- 22 "How Failure Breeds Success», *Bloomberg Businessweek*, 10 de julio de 2006. Disponible en: www.businessweek.com/magazine/content/06_28/b3992001.htm.
- 23 "Out of India», *Economist*, 3 de marzo de 2011.
- 24 Michael Schrage, «Exploring and Exploiting Experimentation for Enterprise Innovation: A 5X5X5 Approach», *European Financial Review*, 15 de abril de 2011.

Capítulo 19: ¿Qué es lo siguiente?

El adyacente posible

- 1 Ursula Goodenough, «Emergence into the Adjacent Possible», NPR, 2 de enero de 2010. Véase también: http://edge.org/memberbio/stuart_a_kauffman.
- 2 Steven Johnson, «The Genius of Tinkerer», *Wall Street Journal*, 25 de septiembre de 2010.
- 3 Kelly, *Ibid.*, p. 350-351.

La búsqueda de la felicidad

- 4 Véase: D. Kahneman y A. Deaton, *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Publicación adelantada *online* de Estados Unidos: 10.1073/pnas.1011492107 (2010); el propio Kaneman habla de su trabajo en las preguntas posteriores a su conferencia TED «The Riddle of Experience Versus Memory»: www.ted.com/talks/daniel_kahneman_the_riddle_of_experience_vs_memory.html. Véase también: David Leonhardt, «Maybe Money Does Buy Happiness After All», *New York Times*, 16 de abril de 2008.
- 5 El Departamento de Trabajo de Estados Unidos tiene un análisis disponible aquí: <http://www.creditloan.com/infographics/how-the-average-consumer-spends-their-paycheck>.
- 6 Véase Barry Schwartz, «The Paradox of Choice: Why More Is Less», una charla en Google: 27 de abril de 2006. Véase: <http://video.google.com/videoplay?docid=6127548813950043200>.
- 7 Proverbios 29:18.

Apéndice: Peligros de los exponenciales

Por qué el futuro no nos necesita

- 1 Bill Joy, «Why the Future Doesn't Need Us», *Wired*, abril de 2000.
- 2 Eric Drexler, *La nanotecnología: El surgimiento de las máquinas de creación*, Gedisa, 1993.

Bioterrorismo

- 3 Entrevistas personales con Andrew Hessel, 2010 y 2011.
- 4 John Tierney, «Can Humanity Survive? Want to Bet on It?», *New York Times*, 30 de enero de 2007.
- 5 Larry Brilliant, «The Age of Pandemics», *Wall Street Journal*, 2 de mayo de 2009.
- 6 Mark Thornton, «Alcohol Prohibition Was a Failure», Cato Institute Policy Analysis N.º 157, 17 de junio de 1991.

- 7 Carta sobre la Ley Seca. Véase Daniel Okrent, *Great Fortune: The Epic of Rockefeller Center*, Viking, 2003, pp. 246-247.
- 8 Rob Carlson, «Synthetic Biology 101», véase: <http://osdir.com/ml/diybio/2010-05/msg00214.html>.
- 9 Jovana Lara, «UCLA Unveils New Laboratory to Fight Biotechnology», KABC Los Ángeles, 20 de mayo de 2011.
- 10 Entrevistas personales con Larry Brilliant, 2010.
- 11 Véase: www.fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx.
- 12 Stan Lee, *Amazing Fantasy*, n.15, agosto de 1962.

Cibercrimen

- 13 Entrevista personal con Marc Goodman, 2011.
- 14 Nick Bilton, «Senator Introduces Online Security Bill», *New York Times*, 8 de septiembre de 2011.

Robótica, inteligencia artificial y la cola del paro

- 15 «Timeline of Farming in the US», PBS: *The American Experience*, véase: www.pbs.org/wgbh/amex/trouble/timeline.
- 16 Circulan diferentes porcentajes. La cifra más conservadora, 21 por ciento, procede de: www.agclassroom.org/gan/timeline/1930.htm. En «US Subsidies Help Big Business, but Crush Farmers from Developing Countries», *The Final Call*, 8 de noviembre de 2002, los autores hablan de un 25 por ciento.
- 17 Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura. Véase: www.csrees.usda.gov/qlinks/extension.html.
- 18 Entrevista personal con Philip Rosedale, 2011.
- 19 Entrevista personal con Vivek Wadhwa, 2011.
- 20 Entrevista personal con Neil Jacobstein, 2011.
- 21 Douglas Rushkoff, «Are Jobs Obsolete?», CNN.com, 7 de septiembre de 2011.
- 22 Para una buena discusión sobre todo el problema véase Eric D. Beinhocker, *Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*, Harvard Business Press, 2007.
- 23 Marvin Minsky, «Will Robots Inherit the Earth?», *Scientific American*, octubre de 1994.
- 24 Rosedale, Ibíd.

Imparable

- 25 Joy, *Ibíd.*
- 26 Gareth Cook, «US Stem Cell Research Lagging», *Boston Globe*, 23 de mayo de 2004.
- 27 *Matt Ridley: El optimista racional.*

Agradecimientos

Los autores han recibido mucha y buena ayuda por parte de un montón de gente maravillosa a lo largo del camino. Para empezar, nuestras mujeres, Kristen Hladecek Diamandis y Joy Nicholson, sin cuyo amor y apoyo este libro nunca se hubiera podido escribir (también estamos en deuda con Kristen por diseñar esta portada maravillosa). Nuestro agente, John Brockman, y nuestra editora, Hilary Redmon, fueron ambos guerreros de este proyecto. También queremos agradecer a todos en Free Press, cuyo duro trabajo contribuyó a llevar esta visión a buen término. Por supuesto, una nota de gratitud profunda y especial va dirigida a Ray Kurzweil por su inspiración y (en el caso de Peter) su asociación para crear la Singularity University. Estamos agradecidos a docenas de innovadores, filántropos y pensadores que nos ofrecieron su tiempo gratuitamente para ser entrevistados para este libro.

Hemos recibido increíbles comentarios durante el proceso, por parte de un conjunto de grandes mentes: Carl Bass, Salim Ismail, Dan Barry, Gregg Maryniak, Naveen Jain, Doug Mellinger, Andrew Hessel, Marc Goodman, Kathryn Myronuk, Bob Hariri, Rafe Furst, Tim Ferriss, Chris Anderson y Neil Jacobstein (también queremos agradecer a Neil por sugerir el título del libro). Kathryn Myronuk, somelier del conocimiento de la SU, hizo un gran trabajo reuniendo y editando los datos de la sección de referencias. Claire Lin, nuestra investigadora creativa de marketing, coordinó e implementó una campaña de marketing de primera categoría con entusiasmo y gracia. Connie Fox manejó a dos individuos resueltos y dos agendas imposibles e hizo que todo pareciese fácil. Estamos agradecidos a Mark For-

tier por su liderazgo en relaciones públicas, Joe Díaz por sus proezas en los medios sociales, Jesse Dylan por su kung fu cinematográfico y Vj Anna por su ayuda para tomar el pulso al público. Gracias a todo el mundo de la Singularity University –estudiantes, profesorado, ex-alumnos y personal– y al equipo de la Fundación PREMIO X por sus ideas, entusiasmo y apoyo. Finalmente, los autores quieren agradecer a Dezso Molnar, que nos juntó hace más de una década.

Índice analítico

Símbolos

3Com Corporation, 217

23andMe, 257

1366 Technologies, 203

2001: Una odisea del espacio
(Clarke), 92

A

Abu Dhabi Future Energy Company,
19

AbundanceHub.com, 301

abundancia

- como idea «todo incluido», 40
- como plan y como perspectiva,
228-229
- desafíos para conseguirla, 43-45
- características de, 216
- como creadora de un mundo de
posibilidades, 28-29, 295
- definición, 28
- la energía como importante eje de,
199
- pruebas de, 301-302
- como visión global, 27, 55
- como el mayor desafío de la hu-
manidad, 302
- la innovación como elemento
clave para, 287-288
- falta de creencia en sus posibili-
dades, 43-45, 47-49, 101-102

- los maltusianos y, 123-124
 - posibilidad de, 24-26
 - como carrera contra el tiempo,
272-274
 - tasa de progreso tecnológico y, 70-
71
 - objetivos para, 298-299
 - páginas web sobre, 301-302
 - véase también pirámide de la
abundancia
- Academia Khan, 236, 237
- activismo, 262, 267
- acuacultura, 145, 146, 147, 150, 152,
317
- acuaponía, 144
- Acumen Fund, 175
- Administración Federal de Aviación
(FAA), 290
- Administración Nacional Atmosférica
Oceánica (NOAA), 146
- Administración Nacional de Aero-
náutica y del Espacio (NASA), 82,
89, 102, 140, 141, 148, 160, 162,
277, 280, 285, 287, 290
- ADN
- coste de secuenciación, 321
 - y peligros de la ingeniería genética,
355-356
 - descubrimiento del, 305
 - innovadores del «hazlo tú mismo»

- y, 164, 166-168
- medicina P4 y, 256-257
- crecimiento de la población e historia de la tecnología y, 305
- de los procariotas, 105-106
- ultraespecialización y, 82-83
- estudio de Venter del, 86-88
- diagnósticos de coste cero y, 248-249
- Véase también semillas genéticamente modificadas y OGM
- Advanced Research Projects Agency Network (Arpanet), 88
- adyacente posible, 295, 296, 298
- Aero Club de América, 275
- aerospacio. Véase vuelos espaciales
- aeroponía, 140
- AeroVironment, 163
- Afganistán, 91
- África
 - «generación guepardo» en, 200-201
 - niños en, 330
 - Coca-Cola en, 91
 - educación en, 225-229, 232-233, 330
 - energía en, 199-202, 216-217, 324
 - alimentos y agricultura en, 146-147, 150-151
 - asistencia sanitaria en, 98-99, 250-251
 - usuarios de Internet en, 346-347
 - esperanza de vida en, 242-243
 - móviles en, 122-123, 345
 - polución en, 200-201
 - población de, 333, 339
 - posibilidad de la abundancia y, 24-25
 - pobreza en, 200-201, 309
 - calidad de vida en, 64-65
 - estudio de Rosling y, 69-70
 - instalaciones sanitarias en, 309-310
 - y la historia del vendedor de zapatos, 133-134
 - empresariado social y, 168-169
 - tecnofilantropía en, 179-180
 - proyecto de ampliación de una canalización, 121-122
 - UAV para, 163-165
 - desnutridos en, 314
 - agua en, 31-32, 122-123, 307, 309
 - mujeres y niños en, 200-201
 - y perspectivas de urbanización mundial, 334
 - véase también países concretos
- Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados (ARPA-E), 212
- Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados-Energía (ARPA-E), 212
- Agencia de Protección Ambiental (EPA), 131
- Agencia para la Cooperación y el Desarrollo Internacional de Suecia, 43
- agricultura,
 - agroecología, 150, 151
 - inteligencia artificial y, 143-145, 151-152
 - biotecnología y, 135-138, 149-152
 - como ecuación de fuerza bruta, 133-136
 - gráficos sobre, 311-317
 - ordenadores y, 128-129
 - restricciones sobre, 134-135
 - carne cultivada y, 147-151
 - «hazlo tú mismo» y, 156-157, 164-165
 - economía y, 316
 - educación y, 239-240
 - energía y, 35-36, 144-145
 - medio ambiente y, 144-145
 - organismos genéticamente modificados y, 102-104, 135-138, 144-145, 149-152

- información y, 136-139
- integradora, 146-147, 151-152
- como clave del desafío medioambiental, 193-194
- vertebrada por productos petrolíferos, 133-136
- población y, 140-141
- precisión, 129-130
- robótica y, 143-145, 151-152
- sostenible, 193-194
- ultraproductiva, 87-88
- experimentos de Venter con, 87-88
- granjas verticales y, 139-145, 150-152
- agua y, 116-118, 122-123, 127-129, 316
- véase también campesinos; alimentos; hambrientos
- agricultura vertical, 139, 143
- agroecología, 150, 151
- agua
 - accesibilidad a, 20-21
 - gasto de Estados Unidos en, 297-298
 - biocombustibles y, 209-211
 - mercado BoP y, 188-189
 - embotellada, 117-118
 - industria y, 117-118, 122-123
 - capitalización y, 122-123
 - cuadros sobre, 306-310
 - coste de, 307
 - definición de abundancia y, 28-29
 - desalinización de, 126-128
 - distribución del en la tierra, 306
 - beber, 30-35, 52-53, 320
 - y la tierra como «un punto azul pálido», 130-132
 - economía y, 309
 - energía y, 35-36, 117-118, 122-123, 127, 199-200, 219-220, 281
 - uso estimado del uso anual, 308
 - crecimiento exponencial de, 128-130
 - alimentos y agricultura y, 116-118, 122-123, 127-129, 134-135, 139-145, 316
 - huella de varios productos, 308
 - fósil, 117-118
 - libertad y, 262-263
 - objetivo de suministrar a todo el mundo potable, 30-35
 - salud/asistencia sanitaria, 117-118, 123-124, 249-250, 309, 319-320
 - información sobre, 127-128
 - como ciencia de la información, 128-130
 - infraestructura y, 122-123
 - innovación y, 117-119
 - como fenómeno interdependiente, 34-35
 - innovaciones de Kamen y, 118-123
 - aprender de los errores sobre, 121-123
 - esperanza de vida y, 242-243
 - límites del crecimiento y, 21-22
 - pérdidas causadas por la escasez de, 309
 - Masdar como ciudad pospetrolífera y, 20-21
 - jerarquía de las necesidades de Maslow y, 29-30
 - nanotecnología y, 100-101, 124-128
 - y la necesidad de combinar tecnologías, 124-128
 - necesidad de, 116-117, 124-128
 - optimismo y pesimismo y, 52-53
 - contaminación del, 134-135, 190-191
 - población y, 117-118, 122-123
 - posibilidad de la abundancia y, 26
 - progreso y, 63-64
 - purificación de, 35-36, 193-194
 - pirámide de la abundancia y, 29-35, 115-132, 305
 - «mil millones emergentes» y, 259

- salada, 117-118, 126-127, 306
- red inteligente del, 127-130
- pruebas sobre la calidad del, 188-189
- tiempo empleado en acarrear, 307
- contaminada, 319
- residuos, 316
- Véase también, hidroponía; océanos; instalaciones sanitarias, fósil, 117
- agujero en la pared, educación, 223, 226
- airbags, 286, 287
- Airbus, 282
- aire,
 - bioterrorismo y, 357-358
 - polución del, 28-29, 35-36, 52-53, 242-243
 - progreso y, 63-64
 - purificación del, 35-36
 - véase también aeroponía
- Air New Zealand, 209
- ajedrez: ordenadores que juegan al, 79, 92, 245
- alcanívoros, 166
- Alcock, John, 275
- Aldrin, Buzz, 161
- Alemania, 135, 361
- Algas: 207-209
- alimentos.
 - gasto de Estados Unidos en, 296-297
 - biotecnología y, 135-138
 - mercado BoP y, 188-189
 - cuadros sobre, 311-317
 - coste de, 142-144
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 357-358, 362-365
 - distribución de, 133-135, 137-140, 144-145
 - energía y, 206-207, 315-316
 - calentamiento global y, 133-134
 - salud/asistencia sanitaria y, 136-138, 241-242, 249-250, 315
 - y el impacto del consumo humano en el planeta, 151-152
 - esperanza de vida y, 241-242
 - jerarquía de necesidades de Maslow y, 29-30
 - nanotecnología y, 100-101
 - petróleo y, 133-137
 - población y, 151-152
 - posibilidad de la abundancia y, 26
 - producción de, 133-138, 144-145
 - proteínas en, 144-149
 - pirámide de la abundancia y, 29-31, 35-36, 305
 - «mil millones emergentes» y, 259
 - gastos para, 313
 - transporte y, 142-145
 - importaciones estadounidenses de, 142-144
 - experimentos de Venter con, 87-88
 - agua y, 116-117, 139-145
 - Véase también agricultura; hambre; tipo de alimento
- Allen, Paul, 179
- Allen, Will, 147
- alojamiento.
 - asequible, 168-169
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 363-364
 - libertad y, 261-262
 - posibilidad de la abundancia y, 26
 - bienes rivales y no rivales para el, 195
 - empresariado social y, 168-169
 - impresión en 3D y, 97-98
 - Véase también refugio
- Al Qaeda, 268
- altruismo, 54
- aluminio, lección de., 118
- Amazonas, cuenca/bosque tropical, 128
- «ambientes de aprendizaje auto-organizados» (SOLES), 225

América Latina, 70, 313, 314, 330, 334, 339, 347
 amígdala, 51, 52, 53, 54, 57
 Amnistía Internacional, 23
 Amyris Biotechnologies, 208
 anclaje, 49, 50
 Anderson, Chris, 110, 162, 163, 164, 165, 195
 Andrews, Emem, 201
 Android, 194, 112-113
 Ansari, Amir, 277, 429
 Ansari, Anousheh, 24, 277, 429,
 Ansari, Hamid, 277, 429
 Ansari PREMIO X, 159, 277, 278, 282
 años de vida ajustados por discapacidad (AVAD), 315, 319
 AOL, 179, 211
 aplicaciones, tiendas de, 194
 Apollo, programa espacial, 274, 292
 Appert, Nicolas, 277
 Apple, ordenador, 158, 188, 194, 227, 288, 291
 aprendizaje.
 -intercambio como, 66-67
 -basado en hechos, 36-39, 80-81
 -jerarquía de, 36-38
 Véase también educación
 Aprendizaje Apangea, 238
 Aquion Energy, 211
 Árabe, Primavera, 114, 267, 269
 árabes, países, 70
 Archon Genomics, PREMIO X, 281
 arena hidrofóbica, 126
 Argelia, 323
 Armadillo Aerospace, 280
 armas, tecnologías exponenciales y, 73
 ARN, 249, 257
 Arquímedes, 82
 arroz dorado, 312
 arúspice, 75
 asesinato, 66

Asia
 -alimentos y agricultura en, 146-147, 312
 -asistencia sanitaria en, 250-251
 -usuarios de Internet en, 346-347
 -población en, 339
 -instalaciones sanitarias en, 309
 -personas malnutridas en, 314
 -y perspectivas de urbanización mundial, 334
 -véase también países concretos
 Asociación de Colegios Médicos de Estados Unidos, 244
 Asociación Nacional de Gobernadores, 231
 Atala, Anthony, 255
 atención: papel de la mente en, 51-52
 AT&T, 217
 Atwater, Harry, 209
 Australia, 143
 Autodesk, 96, 102
 automejora, como columna vertebral de la abundancia, 37
 autorastreo, para asistencia sanitaria, 258
 avaricia, 273
Avatar (película), 96
 aversión a la pérdida, 60
 aviación, 87, 161, 275, 276
 ayuda en situaciones catastróficas, 125-126
 ayuda externa, 71, 189, **309**
B
 Bacon, Francis, 140
 Baer, Daniel B., 269
 Banca
 cibercrimen y, 354
 peligros de las tecnologías exponenciales, 56, 353, 363
 Banco Mundial, 116, 168
 Bangladesh, 120, 164, 183, 186, 187, 259

- barones ladrones, 171, 172, 173, 174, 177
- Barry, Dan, 252, 253
- Bass, Carl, 96, 98
- Batería de Metal Líquido (LMB), 212, 213, 325
- baterías de litio-ion, 212
- Beebe, Andrew, 202, 203, 205, 206
- Béland, Francis, 278
- Benedict, Ruth, 29
- Bentley, Peter, 188
- Betancourt, Ingrid, 265
- Bezoz, Jeff, 290
- bienes rivales y no rivales, **329**
- bienestar, ingresos y, 296
- Bigstep, 202
- BioBricks, 166
- BioCassava Plus, 138
- biocombustibles, 206, 207, 208, 209, 219
- biodiversidad, 142, 150
- bioinformática, 25, 83
- biomasa, sistemas de energía de, 137, 144
- biomateriales, 193
- biomédica, ingeniería, 25
- biomimetismo, 195
- biónicos, corazones, 80
- biopetróleo, 208
- BioRegional Development, 20
- Biosfera, 36
- biotecnología,
 - agricultura y, 135-139, 149-152
 - cooperación y, 105-108
 - peligros de, 100-101, 354-360
 - desmaterialización y, 195-196
 - educación y, 224-225
 - nanotecnología y, 127-128
 - en la Singularity University, 82-83
 - como tecnología de transformación, 25-26, 100-101
- bioterrorismo, 249, 355, 357
- Bishop, Matthew, 176, 177
- B Lab, 168
- Blees, Tom, 214
- Blue Heron Biotechnology, 86
- Blumenthal, Richard, 360
- Boeing (empresa), 209, 282
- bomba portátil de infusión, 119
- Bones (serie de TV), 247
- BoP (*bottom of the pyramid*, parte baja de la pirámide), mercado,
 - móviles y, 185-190
 - cafés/intercambio de ideas en, 190-194
 - democracia y, 189-190
 - felicidad y, 297-299
 - asistencia sanitaria y, 248-249
 - la maldición de los recursos y, 188-191
 - como el mayor mercado del mundo, 181-186, 193-194
 - Véase también «los mil millones emergentes»
- bosques, 147, 164
- BP Deepwater Horizon, 278
- Bradford, Travis, 219
- Brand, Stewart, 137, 139, 155, 156, 157, 159
- Brasil, 98, 206
- brecha generacional, 265
- Brilliant, Larry, 355, 358
- Brin, Sergey, 94
- Broderick, Damien, 77
- Brown, Arthur Whitten, 275
- Brown, Lester, 134
- buckyballs*, 101
- Buffett, Warren, 173
- Burning Man (festival del hombre ardiente), 163
- Burundi, 228
- Busca tu elemento* (Robinson), 229
- Bush, George W., 214, 264, 366
- C**
- cafés, 191, 192

- calentamiento global, 133, 207, 211, 220
- calidad de vida, 28, 31, 63, 64, 68, 185, 187, 252
- California: energía solar en, 205
- Camara, Carlos, 246
- cambio
 - el adyacente posible como conductor del, 295-296
 - como columna vertebral de la abundancia, 55-56
 - en un mundo local y lineal, 53-55
- Camboya, 227
- Cambria Consulting, 231
- Cameron, James, 278
- Camerún, 187
- Camfed, 175
- campesinos/cultivos.
 - mercados de la parte baja de la pirámide y, 188-189
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 361-362
 - tasas de fertilidad y, 123-124
 - peces, 146-147
 - industrialización de, 133-135
 - pérdida de trabajos en, 361-362
 - arroz, 146-147
 - vertical, 139-145, 150-152, 315-316
- Véase también agricultura
- Canadá, 60, 113
- cáncer, 36, 50, 61, 200, 251, 252, 256, 284
- capital riesgo, industria del, 274
- carbón
 - en África, 201-202, 324
 - coste de, 204-205, 216-217, 328
 - muertes por, 325
 - como plantas de apoyo de emergencia, 212-213
 - pobreza energética y, 199-202
 - energía solar comparada con, 204-205, 328
 - como fuente de energía, 322-323
 - almacenamiento de, 209, 213
 - demanda en Estados Unidos de, 322
 - consumo mundial de, 329
- Carbon War Room, 219
- caridad. Véase tecnofilantropía
- Carlson, Rob, 167, 356
- Carmack, John, 280
- carne
 - cultivada, 147-152
 - como proteína, 144-146
 - tendencias en el consumo de, 312
- Carnegie, Andrew, 172
- Case, Steve, 179
- catalaxia: búsqueda de, 34
- cataratas, 250, 251
- Celera (empresa), 86
- Celgene Corporation, 254
- células madre, 148, 356, 366
- células PV (paneles fotovoltaicos), 327
- censura, 263, 270
- Central Glass, 126
- Centro Aeroespacial Alemán, 201
- Centro Comunitario de Ordenadores, 158
- Centro Conjunto para la Fotosíntesis Artificial, 209
- Centro de Investigación Ames (NASA), 82
- Centro Mackinac de Políticas Públicas, 230
- Centro Nacional de Estadísticas Sanitarias, 252
- Centro para el Desarrollo Global, 201
- Centro para el Emprendimiento, MIT, 294
- Centro para la Investigación en Energía Sostenible, CalTech, 209
- Centros de Control de Enfermedades, Estados Unidos, 357
- Centros de Negocios Digitales, MIT, 294

- Cerf, Vint, 88
 Chase, Herbert, 246
 Chernobil, 215
 Chevron, 208
 Children of Jihad (Cohen), 264
 China
 -censura en, 263-264
 -energía en, 323
 -alimentos y agricultura en, 1134-135, 142-146
 -asistencia sanitaria en, 250-251, 259
 -usuarios de Internet en, 346
 -fuerza de trabajo en, 362-363
 -longevidad en, 64-66
 -población de África y, 333
 -población en, 22-24, 64-66
 -calidad de vida en, 64-66
 -estudio de Rosling en, 69-71
 -agua/instalaciones sanitarias en, 129-130, 134-135
 -riqueza en, 64-66, 347
 Chopra, Aneesh, 235
 Chu, Stephen, 205, 209
 Churchill, Winston, 148
 cibercrimen, 354, 359
 «ciclo de sobreexpectación», 56
 cinta adhesiva, tríada de MacGyver y, 246
 circuito integrado del chip de un ordenador, 77
 circularidad, 295
 cirugía, 184, 250, 254
 Cisco, 89, 102, 218, 347
 ciudades
 -cafés en, 191-192
 -tasas de fertilidad y, 123-124
 -innovación en, 191-192
 -cultivos verticales en, 316
 -agua/instalaciones sanitarias en, 307, 310
 -y perspectivas de urbanización mundial, 334
 Clarke, Arthur C., 77, 92, 285, 287
 Clavier, Charles W., 275
 Clean Edge, 209
 clima, 36, 49, 55.
 Véase también calentamiento global
 Clinton, Bill, 86
 Clinton, Hillary, 263, 267
 Club del Ordenador Hecho en Casa, 158, 159
 Club de Roma, 201
 CNBC, 179
 cobijo/refugio.
 -gastos de Estados Unidos en, 297-298
 -peligros de las tecnologías exponenciales y, 362-363
 -progreso y, 63-64, 66-67
 -pirámide de la abundancia y, 29-31, 305
 Véase también alojamiento
 Coca-Cola, 122
 coches,
 -inteligencia artificial, 89-93
 -mercado de la base de la pirámide y, 184-185
 -desmaterialización y, 193-194
 -eléctricos, 208-209
 -energía para, 208-211
 -tecnologías exponenciales y, 78-79, 357-358
 -premio por ahorro de gasolina, 281-282
 -robótica y, 89-94, 194-195
 cocina eléctrica, 36
 Cohen, Jared, 264
 Colaboración, 13, 231, 234, 261
 -global, 196
 -pública, 236, 262
 Véase también cooperación;
 pequeños grupos
 Coli, François, 275
 Collier, Paul, 189

- Colombia, 262, 265, 266
- Columbia, Universidad de
 - tecnología mChip en, 249-250
 - y Watson en la Facultad de Medicina, 245-246
- combustible.
 - alternativo, 91-92
 - bio-, 86-89, 206-211
 - fósil, 137-139, 209-211
 - polución por, 320
 Véase también tipo de combustible
- compartir principios OPL y, 20
- Véase también colaboración; coope-ración
- compasión, 53
- Compitiendo por el futuro (Pralad y Hamel), 181
- «Compromiso de donación», 179
- computación en la nube, 99
- comunicaciones
 - mercados de la parte baja de la pirámide y, 185-188
 - externalización en masa (*crowd-sourcing*) y, 189-190
 - libertad y, 268-270
 - impacto de, 38-40, 42-43
 - posibilidad de la abundancia y, 24-26
 - progreso y, 63-67
 - pirámide de la abundancia y, 29-30, 34-35, 38-40
 - Véase también datos; información; tecnologías de la información y las comunicaciones.
- comunidades rurales, 123
- conectividad
 - el mercado de la parte baja de la pirámide y, 185-188
 - cooperación y, 08-110
 - educación y, 226-227
 - productividad y, 185-188
- Consejo Nacional de Investigación Económica Aplicada de la India, 64
- Consorcio de la Carne In Vitro, 148
- consumidores/consumo
 - desmaterialización y desmonetización y, 193-195
 - diversificación en , 67-69
 - aumento en, 191-192
 - de productos ganaderos, 312-313
 - población y, 64-66
 - poder de, 323
 - progreso y, 64-69
- contribuir a la sociedad, pirámide de la abundancia y, 30
- control
 - sesgos cognitivos y, 50-51
 - de la nanotecnología, 100-101
 - Véase también regulación
- «convergencia perjudicial», 55
- Cook, Scott, 293
- cooperación
 - evolución biológica y, 105-108
 - conectividad y, 108-110
 - democracia y, 113-114
 - división del trabajo y, 108-110
 - Goldcorp y, 109-112
 - tecnologías de la información y las comunicaciones, 107-110, 112-114, 270
 - como medios de comprender e influir en las cuestiones globales, 109-113
 - raíces de, 103-108
 - especialización y, 106-110
 - herramientas de, 105-114
 - Véase también colaboración
- Cooperación Transmediterránea de Energías Renovables, 201
- Corea del Sur, 366
- córtex prefrontal, 53
- Cosechas. Véase agricultura; campesinos; tipo de cosecha
- Cotton, Ann, 175
- Craiglist, 196
- Crapper, Thomas, 129

creatividad

- limitaciones a, 281-283
- educación y, 36-39, 228, 281
- juegos y, 233-234
- trabajos y, 3362-365
- Véase también innovación

Credit Suisse: Informe de Riqueza Global de, 178

Crick, Francis, 166

Crowdrise, 168

crowdsourcing, 190

cuadros

- sobre desmaterialización y desmonetización, 349-350
- sobre democracia, 332
- sobre educación, 330-331
- sobre energía, 322-330
- sobre curvas exponenciales, 351-352
- sobre alimentos y agricultura, 311-317
- sobre salud y asistencia sanitaria, 318-321
- sobre tecnologías de la información y las comunicaciones, 340-347
- lista de, 303
- sobre filantropía, 347-348
- sobre población y urbanización, 333-339
- sobre el agua y las instalaciones sanitarias, 306-310

cuidados asistenciales, robótica y, 253

cultivos biotecnológicos, 135, 311, 312.

Véase también OGM (organismos genéticamente modificados)

cultura: como capacidad de intercambio y de innovar, 68

curiosidad, 38, 46, 162, 233, 273, 274

curva de tecnologías emergentes de Gartner, 352

curvas exponenciales

-cuadros sobre, 100-101, 351-352

-curvas lineales frente a, 351-352

D

DARPA. Véase Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados

Datawind, 113

datos

- BioBrick, 165-166
- cibercrimen y, 359-362
- sobre educación, 238-239
- sobre energía, 217-218
- intercambio de, 68-71
- crecimiento de los digitales, 342
- sobre la asistencia sanitaria, 40-41, 99-100
- LOC, 99-100
- fuente abierta, 165-166
- y el planeta como campo de datos global, 88-89
- papel de la mente en el procesamiento de, 51-56
- Naciones Unidas, 68-71
- Véase también comunicaciones; información

Daugherty, Dale, 163

da Vinci, Leonardo, 75

Da Vinci, Sistema Quirúrgico, 250

Davis, Noel, 275

Deep Blue, superordenador, 92, 245

DeepQA, 245

DEKA Research and Development, 119

Delft, Universidad Tecnológica de, 166

DeLong, J. Bradford, 68

democracia, 43, 65, 109, 190, 239, 269, 270, 332

Deng Xiaoping, 71

Departamento de Comercio, Estados Unidos, 162

Departamento de Defensa, Estados Unidos, 91, 280

- Departamento de Diagnóstico Radiológico de Maryland, 246
- Departamento de Estado, Estados Unidos, 42, 265
- Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano, EE.UU. (HUD), 169
- derechos civiles, 65
- derechos humanos, 43, 65, 66, 261, 262, 269, 270, 298
- Desafíos del Centenario, programa, NASA, 280
- DESAFÍO X, 279, 280, 302
- DESAFÍO X de Limpieza de Petróleo Wendy Schmidt, 279
- DESAFÍO X para el Alunizador, 280
- desarrollados, países
 - datos sobre, 69-71
 - desmaterialización y desmonetización en, 193-195
 - educación en, 227-228
 - tasas de fertilidad en, 123-124
 - alimentos y agricultura en, 311-312
 - asistencia sanitaria en, 251-252
 - Internet en, 344, 346
 - esperanza de vida en, 242-243
 - abonados a móviles en, 343
 - baños en, 130-132
 - personas desnutridas en, 314
- Véanse también países específicos
- Desarrollo y libertad (Sen), 42
- desempleo. Véase trabajos
- desertificación, 127
- desmaterialización, 193-196
- desmonetización, 164, 193, 195, 196, 297, 349
- Despommier, Dickson, 141, 142
- Deville, Henri Sainte-Claire, 18
- Dewey, John, 38
- diagnósticos de coste cero, 246, 248, 249
- diálisis, máquina de, 119-120
- DIME Materiales Hidrofóbicos, 126
- dinero.
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 363-365
 - fracaso y, 293-294
 - libertad y, 262-263
 - felicidad y, 296-299
 - posibilidad de la abundancia y, 25-26
- Véase también pobreza/pobres; brecha ricos-pobres; riqueza
- felicidad y, 262
- diseño de fuente abierta, 163
- Disney, 203
- disponibilidad,
 - definición de abundancia y, 28-29, 188-189
 - progreso y, 63-65
- Véase también accesibilidad
- disponibilidad heurística, 48
- Distrito escolar de Los Altos (California), 237
- división del trabajo, 34, 67, 109, 229
- doctores, 188, 244, 250, 297
- Doerr, John, 211
- DonorsChoose.org, 168
- Dorsey, Jack, 267
- dos vendedores de zapatos, historia sobre, 133
- Draper, John, 158
- Drayton, Bill, 168
- Drexler, K. Eric, 354
- drones «hazlo tú mismo», 163, 164
- Duke, James B., 172
- Dunbar, Robin, 56
- Dyson, Freeman, 202
- E**
- Eagleman, David, 52
- Earle, Sylvia, 146
- Easterly, William, 189
- eBay, 167, 172, 174, 175, 176, 196
- economía

- beneficios de las tecnologías exponenciales y, 365-366
- de la complejidad, 363-364
- definición de, 363-364
- alimentos y agricultura y, 316
- libertad y, 261-262
- de la «larga cola», 109-110
- estudio de Ridley de las tendencias en, 61-62
- robótica y, 94-96
- modelo de escasez de, 363-364
- agua y, 309
- Economía para un planeta abarrotado* (Sachs), 109
- Economist*, revista, 151, 176, 188, 293, 332
- Edison, Thomas, 288, 292
- educación
 - acceso a, 238
 - gasto de Estados Unidos en, 297-298
 - inteligencia artificial y, 92-94, 238-240
 - y hacer las preguntas adecuadas, 231-233
 - cuadros sobre, 330-331
 - ordenadores y, 38-39, 223-229, 237-240
 - creatividad y, 36-39, 228-231
 - sistema actual de, 36-391
 - descentralizada, 38-39
 - división del trabajo y, 228-229
 - abandonos de, 227-228
 - energía y, 35-36, 199-201
 - tecnologías exponenciales y, 80-81, 362-363
 - libertad/democracia y, 239-240, 251-252
 - juegos y, 232-234, 237-239
 - «método de la abuela» y, 224-225
 - «nube de las abuelitas» y, 225-226, 238-239
 - salud/asistencia sanitaria y, 239-240, 259
 - historia de, 228-229
 - agujero en la pared, 223-227
 - tecnología de la información y las comunicaciones y, 109-110
 - infraestructura para, 232-233
 - tutoriales de Khan y, 234-238
 - y aprendizaje basado en el dominio, 237-238
 - miniaturización y, 194-195
 - «mínimamente invasiva», 225-226
 - personalizada, 26, 38-39, 93-94, 237-240
 - población y, 335
 - población de niños en edad de primaria y, 330
 - posibilidad de la abundancia y, 26
 - pobreza y, 223-226, 331
 - y tasa de matriculación en la escuela primaria y PIB per cápita, 331
 - progreso y, 66-67
 - pirámide de la abundancia y, 29-30, 33-39, 305
 - reforma de, 228-231
 - los mil millones emergentes y, 259
 - autodirigida, 223-225
 - carencias de, 228-232
 - escasez de profesores y, 225-226, 232-233
 - tecnofilantropía y, 178-180
 - exámenes como medida del progreso en, 237-239
 - herramientas de cooperación y, 109-110
 - absentismo y, 227-228, 232-233
 - del siglo xxi, 231-233
 - videojuegos y, 232-234
 - agua y, 33-34, 116-117
 - de las mujeres, 239-240
- Véase también profesores
- Educación, Departamento de, Estados Unidos, 235
- Educación y Desarrollo Global grupo

- asesor del PREMIO X, 178
- efecto halo, 290
- Egipto, 269
- eGroups, 94
- Ehrlich, Paul R., 21
- EI Solutions, 202
- Ejército, Estados Unidos: programa del «supersoldado», 365
- «el agujero en el que estamos metidos es demasiado profundo como para poder salir de él», hipótesis, 48, 53, 58
- El capitalismo en la encrucijada* (Hart), 184
- El club de la miseria* (Collier), 189
- El desengaño de Internet* (Morozov), 269
- electricidad.
 - acceso a, 335
 - coste de, 97-98, 324
 - definición de pobreza y, 28-29
 - pobreza de energía y, 199-203
 - tecnologías de cuarta generación y, 214-216
 - proceso Hall-Héroult y, 18-19
 - en India, Vietnam y Tanzania, 335
 - investigación de Kamen y, 119-121
 - investigación de Myhrvold y, 249-250
 - posibilidad de la abundancia y, 25-26
 - instalaciones sanitarias y, 129-130
 - energía solar y, 204-207
 - fuentes de, 323-328
 - almacenamiento de, 211-212
 - en zonas urbanas y rurales, 335
 - agricultura vertical y, 142-144
 Véase también luz/iluminación
- Electronic Arts, 211
- Ellison, Larry, 179
- El optimista racional* (Ridley), 34, 61, 366
- email, 88, 269
- Emerson, Ralph Waldo, 155
- emisiones de carbono, 19, 209
- empoderamiento
 - libertad y, 261-270
 - tecnologías de la información y las comunicaciones y, 262-263, 266-270
 - de los jóvenes, 266-267
- Endy, Drew, 165
- energía
 - inteligencia artificial y, 92-93
 - balcanización en, 217-218
 - emisiones de carbono y, 213-217, 219-220, 330
 - cuadros sobre, 322-330
 - consumo de, 217-218, 323, 329
 - coste de, 219-220, 323, 326
 - muertes por, 325
 - demanda (usos) de, 322
 - desmaterialización y, 195-196
 - distribución de, 215-219
 - «hazlo tú mismo» y, 164-165
 - educación y, 35-36, 199-201
 - medio ambiente y, 35-36, 193-194, 206-207, 211-212, 216-217
 - tecnologías exponenciales y, 80-81
 - «consolidar»/«cambiar el momento», 209-211
 - alimentos y agricultura y, 134-135, 144-145, 206-207, 315-316
 - libertad y, 262-263
 - como cambiador del juego, 34-38
 - salud/asistencia sanitaria y, 199-201, 249-250
 - historia de, 199-200
 - como eje importante de la abundancia, 199-200
 - industria y, 232
 - infraestructura para, 201-202
 - interdependencias de, 199-200
 - impacto de Internet en, 88-91
 - significado de la abundancia de, 218-221

- nanotecnología y, 100-101
- redes y sensores para, 216-219
- la «energía perfecta» y, 218-219
- polución y, 200-201, 219-220
- población y, 335
- posibilidad de la abundancia y, 26
- pobreza de, 199-203
- pirámide de la abundancia y, 29-30, 34-38, 305
- «mil millones emergentes»/pobres y, 199-200, 213-214, 259
- red inteligente para, 216-220
- fuentes de, 322-324
- abundancia derrochadora de, 219-220
- almacenamiento de, 209-213, 217-220, 325-326
- vida sintética y, 205-211
- tecnofilantropía y, 179-180
- transporte y, 206-207, 322
- reciclado de residuos y, 14, 45
- agua y, 35-36, 117-118, 122-123, 127-128, 199-200, 219-220
- Véase también tipos de energía
- Energía, Departamento de (DOE), Estados Unidos, 86, 326
- energía eólica, 206, 211, 212, 328
- energía hidroeléctrica, 201
- energía nuclear, 214, 215, 325
- energía solar
 - cantidad de, 20-21
 - beneficios de, 219-220
 - biocombustibles y, 207-211
 - coste de, 202-205, 219-220, 326, 328
 - pobreza de energía y, 201-203
 - en el futuro, 202-207, 213-214
 - asistencia sanitaria y, 246-247
 - curva de variación de costes para, 328
 - máxima energía contenida en, 329
 - redes y sensores y, 218-219
 - producción de, 219-220
 - almacenamiento de, 209-214,
- energía térmica oceánica, 329
- energía undimotriz, 329
 - curva de variación de costes para, 328
- Energy Innovations (EI), 202
- Enernet, 217
- enfermedad
 - animales como fuente de, 145-146
 - beneficios de la tecnología y, 366-367
 - mercado de la parte baja de la pirámide y, 184-185
 - carne cultivada y, 147-150
 - durante los desastres, 124-126
 - energía y, 35-36, 200-201
 - evolución de la tecnología y, 366-367
 - tecnologías exponenciales y, 79-81
 - premios incentivadores y, 283-284
 - falta de creencia en la posibilidad de la abundancia y, 42-43
 - esperanza de vida y, 242-243
 - relacionadas con la nutrición, 315
 - polución y, 320
 - control de población y, 33-34
 - progreso y, 63-64
 - pirámide de la abundancia y, 33-36
 - células madre y, 252-256
 - agua/instalaciones sanitarias y, 31-32, 124-126, 130-132
 - Véase también salud/asistencia sanitaria; enfermedades específicas
- enfoque «hacer más tartas», 24
- Enough Is Enough, Nigeria, 262
- ensambladores, 100
- Enterprise Community Partners, 169
- en vías de desarrollo, países
 - banca en, 186-188
 - datos sobre, 69-71
 - manufactura digital y computación infinita en, 98-99

- educación en, 227-228, 335
 - energía en, 216-217
 - tasas de fertilidad, 123-124
 - alimentos y agricultura en, 311-312
 - libertad y, 262-263, 266-267
 - felicidad y, 297-299
 - asistencia sanitaria en, 250-251, 257-259, 309, 335
 - hambre en, 133-134
 - como incubadores de tecnología, 193-194
 - Internet en, 344-346
 - abonados a móviles en, 343
 - maldición de los recursos en, 188-191
 - «los mil millones emergentes» en, 191-194
 - tecnofilantropía en, 175-176, 178-179
 - baños en, 130-132
 - personas desnutridas en, 314
 - urbanización frente a ingresos en, 335
 - agua en, 309
 - usuarios de YouTube en, 113
 - Véase también países específicos
 - equipo de carreras de Stanford, 91
 - escasez
 - dependiendo el contexto, 18-19
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 363-365
 - dominando la visión del mundo, 20-22
 - puntos de vista de Malthus sobre, 20-21
 - como preocupación real, 273-274
 - violencia y, 273
 - «escasez de conocimiento», 112
 - escenario apocalíptico, 101
 - esclavitud, 62, 65, 66
 - «Escuela del futuro» (Media Lab del MIT), 227
 - Escuela diurna del condado de Cincinnati, 234-235
 - Escuela Media Bill Arnold (Grand Prairie, Texas), 239
 - España, 128, 346
 - especialización
 - instituciones académicas y, 80-83
 - beneficios de la tecnología y, 366-367
 - de células, 106-107
 - cooperación y, 106-110
 - evolución de la tecnología y, 366-367
 - tecnologías exponenciales y, 81-83, 361-363
 - innovación y, 67-68
 - trabajos y, 361-363
 - progreso y, 66-68
 - pirámide
 - esperanza de vida, 12, 33, 40, 61, 64, 65, 69, 70, 241, 242, 298, 321
 - espíritu empresarial social, 116
 - Estación Espacial Internacional, 429
 - Estonia, 346
 - etanol, 206
 - Ethernet, 217
 - Ethos Water, 115
 - «ética del hacker», 157
 - Etiopía, 121
 - evolución
 - biológica, 105-108
 - continuación de, 365-367
 - cultural, 107
 - de grandes ideas, 285-288
 - «excedente cognitivo», 112
 - expertos, 264
 - expresión, libertad de, 361
 - Exxon, 206, 207
 - Exxon Valdez*, derrame del, 278
- F**
- Facebook, 56, 110, 168, 179, 262, 266, 267, 269, 301, 357, 359

Facultad de Medicina de Harvard
 Fairchild Semiconductor, 77
 False Alarm (Siegel), 52
 Fast Company, revista, 169, 237, 282
 Fedoroff, Nina, 22
 felicidad, 296, 297
 Felsenstein, Lee, 158
 fertilidad, 34, 69, 336, 337
 fertilizantes, 134
 Feynman, Richard, 87
 Filantropismo (Bishop y Green), 176
 filantropía
 -cuadros sobre, 347-348
 filtros de agua, 125
 Finlandia, 346, 366
 Fisher, Martin, 169
 Fisher, Susan, 366
 Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF-Adena), 395
 Fondo Urgente de Amenazas, 355
 Ford, Henry, 172
 formas de vida unicelulares, 106
 Forrester, Jay, 22
Fortune, revista, 213
 fotosíntesis, 202, 207, 209
 Fox, Dale, 247
 fracaso
 -sentirse cómodo con, 291-294
 -ventaja de, 257-290
 Francia, 274, 275
 Freire, Paulo, 38
 Friedman, Thomas, 31
 Fuerza Aérea de los Estados Unidos, 76
 Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), 265
 Fuerzas de Defensa de Israel: estudio de Kahneman para las, 46
 Fuller, Buckminster, 156
 Fundación Giving, 179
 Fundación MacArthur (John D. y Catherine T.), 238

Fundación Skoll, 175
 futuro

G

Gagarin, Yuri, 161
 Gallo, David, 278
 Gallup-Healthways, Índice de bienestar, 296
 ganado,
 -consumo de productos de, 312-313
 Véase también carne
 gases de efecto invernadero, 145, 149, 212
 gas natural, 62, 206, 219
 Gates, Bill, 26, 33, 130, 138, 173, 177, 179
 Gates, Fundación, 138, 228
 Gee, James, 232, 233, 238
 Genentech, 211
 gen receptor de la insulina, 257
 genética.
 -agricultura y, 135-139, 144-145, 149-152
 -hazlo tú mismo y, 165-166
 -asistencia sanitaria y, 255-259
 Véase también ADN; ingeniería genética; OGM; ARN
 genocidio, 66
 geotérmica, energía, 201, 219
 Gianopulos, Jim, 171
 Gilovich, Thomas, 50
 Gladwell, Malcolm, 191
 Gleick, Peter, 31
 Global Water Trust, 121
 Goel, Anita, 249
 Goetz, Thomas, 257
 Goldcorp, 110, 111
 Golden, Daniel, 286
 Goodman, Marc, 359
 Google
 -inteligencia artificial y, 92-93
 -bioterrorismo/advertencias sobre

pandemias en, 356-357
 -los innovadores del «hazlo tú mismo» y, 167-168
 -Hassan y, 93-94
 -premios incentivadores y, 281
 -incluido en la mente humana, 79-81
 -empoderamiento individual y, 268-269
 -Academia Kahn y, 236
 -KPCB y, 211
 -paneles PV en, 202-203
 -conferencia fundacional de la Singularity University y, 101-102
 -adquisición de YouTube por, 55
 Grameen, Banco, 175
 Grameenphone, 183
 Gran Bretaña, 135
 Grecia, 242
 Green, Michael, 176
 Greenblatt, Jonathan, 390
 Greiner, Helen, 95
 Gross, Bill, 202
 Growing Power, 147
 Grupo de Arquitectura de Máquinas, 227
 Grupo de Cambio de Liderazgo, 228
 guerra, 43
 Guerra, 225.
 Véase también Segunda Guerra Mundial
 «Guerra de las galaxias», sistema de defensa de misiles, 130

H

Habermas, Jurgen, 42
 habilidades para resolver problemas: videojuegos y, 232-234
 hacer las preguntas adecuadas, 231
 HAL 9000, ordenador, 92
 Halcyon Molecular, 256
 Hall, Charles Martin, 18
 Hall-Hérault, proceso, 18

hambre, 22, 32, 43, 50, 51, 108, 139, 144, 175, 363. Véase también agricultura, alimentos
 hambre: predicciones sobre el, 61
 Hamel, Gary, 181
 Harington, John, 129
 Hariri, Robert, 254
 Harrison, John, 279
 Hart, Stuart, 181, 182, 183, 184, 185, 193, 195
 Hassan, Scott, 93, 94
 Hawley, Alan, 275
 Hayek, Friedrich, 34
 «hazlo tú mismo», 105. Véase innovadores del «hazlo tú mismo»
 «hazlo tú mismo», Drones, 162
 Heath, Chip, 282
 Heath, Dan, 282
 Hecho en el Espacio, 97
 herbicidas, 134, 137, 138, 142
 Heritage Foundation, 231
 Héroult, Paul, 18
 Hessel, Andrew, 355, 356, 357
 heurística, 47, 48
 Hewlett-Packard, 128
 Heyerdahl, Thor, 63, 67
 Hezbollah, 268
 hidratación, necesidad de agua y, 117
 hidroponía, 139, 140, 141, 142
 Hindustan Unilever, 184
 hiperagentes, 177
Historia y crítica de la opinión pública (Habermas), 42
 Hitler, Adolf, 75, 76
 Holanda, 128, 136
 Hollywood, 48, 113, 114
 homicidio, 66
 Honda, 185
 Hospital General de Massachusetts, 243
 Hospital Ocular Volante, 250
 Huawei, corporación, 113
 Huffington, Arianna, 288

Huffington Post, 175, 288
 humanos/humanidad
 -y los límites del ser humano, 242-245
 -fusionándose con la tecnología, 365-366
 huracán Katrina, 124

I

IBM, 89, 92, 93, 126, 127, 128, 204, 217, 245, 246
 iBot, 119
 Ibrahim, Mo, 180
 Idealab, 202
 ilumina, 220
 Ilustración, 191
 impresión en 3D, 25, 96, 97, 98, 256
 India
 -agricultura en, 134-139
 -tecnología Android y, 113-114
 -mercado BoP en, 184-185
 -coches en, 185
 -móviles en, 186-188
 -fabricación de tela vaquera en, 182-183
 -educación en, 223-226. 335
 -energía en, 216-217, 335
 -salud/asistencia sanitaria en, 184-185, 259, 335
 -individuos con altos ingresos en, 347
 -población de África y, 333
 -población en, 22-24, 335
 -diferencia entre ricos y pobres en, 42
 -desempleo en, 362-363
 -agua/servicios sanitarios, 134-135, 335
 industria. Véase negocios/industria
 infecciones
 -mortalidad infantil y, 319
 -energía y, 33-36
 -esperanza de vida y, 242-243

 -como enfermedades relacionadas con la nutrición, 315
 -pesimismo y, 52-53
 -polución y, 320
 -pirámide de la abundancia y, 31-32, 35-36, 39-41
 -respiratorias, 35-36, 39-41, 62-63, 200-201, 242-243, 315, 320
 -relacionadas con el agua, 31-32, 320
 -diagnósticos de coste cero y, 249-250
 información.
 -acceso a, 297-298
 -agricultura e, 136-138
 -mercado BoP e, 188-190
 -papel de la mente en procesar la, 55-56, 243-244
 -como agente del cambio, 41-43
 -como mercancía, 68-69
 -desmaterialización e, 195-196
 -intercambio de, 66-69
 -tecnologías exponenciales e, 78-79
 -libre, 157-158
 -libre flujo de, 261-263
 -prensa libre e, 189-190
 -impacto de, 38-40, 42-43
 -como clave para el desafío medioambiental, 193-194
 -fuente abierta, 165
 -progreso e, 66-69
 -pirámide de la abundancia e, 29-30, 34-35, 38-40
 -estudio de Rosling e, 68-71
 -velocidad de la, 107-108
 -agua e, 31-32, 117-118, 127-128
 -inalámbrica, 193-196
 Véase también datos; tecnologías de la información y la comunicación
 intercambio de, 66
 Informe de Riqueza Global, 178
 InfoSpace, 178
 infraestructura: agua e, 116

ingeniería genética, peligros de, 353, 355

Inglaterra. Véase Gran Bretaña

Ingraham, Paul, 106

Iniciativa Nacional de Robótica (NRI), 95

innovación.

-edad y, 291-293

-en ciudades, 191-192

-limitaciones a, 281-283, 294

-ambientalismo e, 60-62

-como fenómeno evolutivo, 366-367

-miedo e, 273-275, 288-289, 293-294

-primeras impresiones y, 290-291

-juegos y, 233-234

-premios incentivadores como impulso para la, 274-284, 298-299

-como clave de la abundancia, 287-288

-motivadores que llevan a la, 273-284

-población y, 191-192

-progreso y, 67-68

-tasa de, 197, 273-274, 305

-riesgo/fracaso y, 278-280, 282-283, 285-294

-pequeños grupos como impulsores de, 278-282, 294

-especialización y, 67-68

-línea de supercredibilidad y, 289-291

-«Piensa diferente» y, 290-293

-como imparable, 366-367

-agua e, 117-119

Véase también creatividad en ciudades, 192

innovadores del «hazlo tú mismo»,

-lograr la abundancia y, 298-299

-biológico, 164-168

-cooperación y, 105-106

-como fuerza de la abundancia,

185-186

-información libre y, 157-158

-movimiento creador y, 162-165

-posibilidad de la abundancia y, 25-26

-el poder de los pequeños grupos y, 158-163

-robots para la asistencia sanitaria y, 251-252

-empresariado social y, 116-117, 167-169

-declaración de intenciones de los, 156

Véase también personas concretas instituciones académicas, 81.

Véase también las instituciones específicas

Instituto de Investigación de Stanford, 156

Instituto de la Tierra, 137

Instituto Earth Policy, 134

Instituto J. Craig Venter (JCVI), 85

Instituto para la Comida y las Políticas de Desarrollo/Primero la Comida, 139

Instituto Prometeo de Desarrollo Sostenible, 219

Instituto Tecnológico de California, 82

-JCAP y, 209

Instituto Tecnológico de Massachusetts

-investigación sobre bioterrorismo en, 357-358

-encuesta sobre educación por, 230

-Media Lab en , 38, 226-227, 229

-Singularity, 82

encuesta sobre educación por, 230

Instituto Tecnológico de California

Singularity University comparada con, 200

Institutos Nacionales de Salud (NIH), 86

Intel, 77, 91, 102

inteligencia artificial,
 -agricultura y, 143-144, 151-152
 -peligros de, 100-101, 364
 -desmaterialización y, 193-194
 -educación y, 239-240
 -tecnologías exponenciales y, 81, 90-94
 -asistencia sanitaria y, 92-94, 99-100
 -en la Singularity University, 82-83
 -como tecnología transformadora, 25-26, 100-101
 -UAV (vehículos aéreos no tripulados) y, 163-165
 inteligencia distribuida, 218
 Intelius, 178
 Intellectual Ventures, 213
 intercambio
 -progreso e, 66-69
 -pirámide de la abundancia e, 34
 interfaces humanos-máquinas, como tecnología transformadora, 25
 International Genetically Engineered Machine (iGEM), competición, 165
 Internet
 -acceso a, 343, 347
 -añadido de personas a, 192
 -columna vertebral de, 89
 -cooperación y, 112
 -creación de, 61-88
 -educación y, 37-38, 223-226, 232-233
 -cierre por parte del gobierno egipcio de, 269-270
 -tecnologías exponenciales y, 78-79, 359, 363
 -libertad y, 262-265, 267, 269-270
 -como derecho humano, 262
 -impacto de, 89
 -integración de redes y, 217
 -direcciones IP y, 90
 -«emparejamiento» de, 111

 -y redes y sensores como «Internet de las cosas», 89-90
 -fuerza policial para, 360-361
 -posibilidad de la abundancia y, 24-25
 -como herramienta de reclutamiento, 268
 -espíritu empresarial social y, 167-169
 -almacenamiento en, 219
 -tecnofilántropos y, 178
 -los diez mejores momentos en, 42
 -y ancho de banda internacional total, 344
 -usuarios de, 342, 346-347
 -integración de redes y, 89
 Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), 88
In the Plex, 80
 Intuit, 293
 Intuitive Surgical, 250
 «inversión de balance triple», 175
 inversión de impacto, 168, 176
 iPad, 172, 350
 iPhone, 78, 92, 188, 288
 Ipsen, Laura, 218
 Irak, 140, 267
 Irán, 42, 264
 Irlanda, 128, 275
 Islamoff, Jacob, 275
 Ismail, Salim, 114
 Israel, 117, 264
 Italia, 17, 143, 205
 iTunes, 196

J
 Jacobs, Emil, 206
 Jacobstein, Neil, 239, 363
 Jain, Naveen, 178
 Japón, 95, 134, 140, 143, 185, 333
 Jennings, Ken, 245
Jeopardy! (programa de TV), 245

jerarquía, aprendizaje, 37
 «Jerarquía de las necesidades humanas» de Maslow, 29
 Jobs, Steve, 86
 Johnson, Steven, 191, 295
 Johnson & Johnson, 259
 jóvenes
 -empoderamiento de, 267
 -innovación y, 292
 Joy, Bill, 211, 213, 353, 365, 366
 Joyce, James, 87
 JPMorganChase, 168
 jubilados, 143
 juegos.
 -educación y, 232-235
 Véase también videojuegos
 Junior (coche de inteligencia artificial), 90, 91

K

Kahneman, Daniel, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 296, 298
 Kamen, Dean, 69, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123
 Kasparov, Gary, 92, 245
 Kauffman, Stuart, 295
 Kay, Alan, 284
 KAZI 560, agencia de contratación, 39
 Keillor, Garrison, 50
 Keith, David, 220
 Kelly, Kevin, 55, 77, 157, 159, 296
 Kennedy, John F., 205, 274, 292
 Kenya
 -agricultura en, 151
 -banca en, 186-189
 -educación en, 200-201, 228-229
 -energía en, 199-202
 -salud en, 200-201
 -derechos humanos en, 262-263
 -impacto de las TIC, 42-43
 -trabajos en, 38-39
 -móviles en, 38-39

 -móviles inteligentes en, 112-114
 -espíritu empresarial social y, 168-169
 -Ushahidi en, 262-263, 268-269
 -violencia en, 262-263, 268-269
 -espíritu empresarial social y, 169
 Khan, Osman Ali «Asaf Jah VII», 174
 Khan, Salman, 235, 236
 Khoshnevis, Behrokh, 97
 Khosla, Vinod, 216
 KickStart, 169
 King, Alexander, 21
 King, Martin Luther Jr., 21, 292
 Kisumu, agua en, 307
 Kiva, página web, 168
 Kleiner Perkins Cufield & Byers (KPCB), 211
 Knight, Tom, 165
Kon-Tiki balsa, navegación de Heyerdahl en la, 63
 Kraft, Daniel, 254
 Kramer, Rob, 121
 Kumata, Ellen, 231
 Kurzweil, Ray, 75, 76, 79, 80, 82, 352
 Kurzweil Computer Products, 246

L

Laboratorio de Inteligencia Artificial, MIT, 226
 Laboratorio de Inteligencia Artificial de Stanford, 91
 Laboratorio de Propulsión a Chorro, NASA, 285, 287
 laboratorio en un chip (LOC), 40, 41, 99
 Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (LLNL), 130, 209
 La era de las máquinas espirituales, 79
La era del diamante (Stephenson), 239
La explosión demográfica, (Ehrlich), 21

La fortuna en la base de la pirámide (Hart y Prahalad), 182
 «la ilusión de la validez», 47
La nanotecnología: el surgimiento de las máquinas de creación (Drexler), 100
Las buenas ideas (Johnson), 191
 «Las mejores estadísticas que hayas visto nunca» (Rosling), 69
 leche, consumo, 312
 Lee, Ivy, 173
 Lee, Stan, 358
 LEGO Mindstorms, robot, 162
 Levy, Steven, 80
 Ley de aire puro, 61
 Ley de Protección de Datos Personales y de Violación de la Responsabilidad, 360
 Ley Seca, 356-357
 libertad
 -beneficios de la tecnología y, 366-367
 -censura y, 263-264, 269-270
 -peligros de las tecnologías exponenciales y, 357-358
 -definición de, 261-262
 -educación y, 239-240
 -atribución de poder y, 261-270
 -evolución de la tecnología y, 366-367
 -Internet y, 262-267
 -tendencias de población de y, 332
 -pirámide de la abundancia y, 29-30, 39-43, 117-118, 261-262
 -tecnología y, 41-42
 -agua y, 117-118
 LifeBank/Anthrogenesis, 254
 Lifesaver, botellas, 125, 126
 Life Technologies, 256
 Lillywithe, Bryant, 191
 limitaciones: poder de, 281
 Lincoln, Abraham, 107
 Lindbergh, Charles A., 275, 276, 277

Lindbergh, Erik, 290
 Lindbergh, Morgan, 290
 lineal, perspectiva. Véase perspectivas locales y lineales
 Linux, 110, 111
 Lipson, Hod, 97
 lluvia ácida, 60, 61
 Lockheed Martin, 282
 London Coffee Houses (Lillywithe), 191
 London School of Business and Finance: estudio sobre la pobreza de los móviles en, 183
 Long Now, Fundación, 138
Los colonos de Catán (juego), 235
Los fundamentos de la libertad (Hayek), 65
 Los límites del crecimiento (Club de Roma), 22
 Lovelock, James, 214
 LS9, empresa, 208
 Luna
 -energía y, 219-220
 -premios incentivadores relacionados con, 279-282
 -discursos de Kennedy sobre alunizar un hombre en, 205-206
 -predicciones sobre viajar a, 77
 luz/iluminación
 -coste de, 35
 -inventación de la bombilla por Edison y, 188-189
 -energía y, 199-201, 219-220
 -alimentos y, 315
 -optimización fotosintética y, 144-145
 -tiempo y, 62-63
 -triboluminiscencia de la, 246-247
 -cultivos verticales y, 143-145

M

MacGyver, tríada, 246, 248, 249
 Maker Movement, 163

MAKO, robot quirúrgico, 251
 Malawi, 62
 maldición de los recursos, 189
 Malthus, Thomas Robert, 21
 maltusianos, 123
 mamografía, 247, 248
 manufactura digital, 83, 96
 Mao Tse-tung, 71
 Marina, Estados Unidos, 209
 Marine Institute for the Smart Bay,
 128
 MarketShare, 190
 Markoff, John, 158
 Marruecos, 33
 Marte, viajes espaciales a, 161, 220,
 285, 286, 287, 290
 Martínez, John, 237
 Maryniak, Gregg, 162, 276
 Masdar, Abu Dhabi (ciudad planifi-
 cada), 19, 20
 «más de diez elevado a nueve», em-
 presas, 102
 Maslow, Abraham, 29, 296, 305
 Matheny, Jason, 148
 Matternet, 164
 Mayo, Clínica, 99
 McCall, Jeremiah, 234
 McDevitt, John T., 41
 McEwen, Rob, 110
 mChip, 249
 MCI, 88
 McKibben, Bill, 214
 McKinsey & Company, 115, 278
 Mead, Margaret, 280
 Medalla Nacional de la Tecnología,
 76
 Medco, 281
 Media Lab, MIT, 227, 229
 médica, tecnología, miniaturización
 de, 119
 medicina. Véase enfermedad; doc-
 tores; medicinas; salud, asistencia
 sanitaria

medicinas
 -en una era de abundancia de asis-
 tencia sanitaria, 259
 -disponibilidad de, 98-99
 -ayuda extranjera para, 188-189
 -nivel de ingresos y, 319
 -investigación de Kamen e inyec-
 ción de, 118-119
 -medicina P4 y, 256-257
 -producción de, 208-209
 -pirámide de la abundancia y, 35-
 36, 40-41
 -regulación de la biotecnología y,
 356-357
 -soluciones de compromiso riesgo-
 beneficios de, 357-358
 -robótica y, 361-362
 Médicos sin Fronteras, 69
 medio ambiente.
 -agricultura y, 144-145
 -beneficios de la tecnología y, 366-
 367
 -educación y, 239-240
 -energía y, 35-36, 204-205, 211-212,
 216
 -evolución de la tecnología y, 366-
 367
 -alimentos modificados genética-
 mente y, 136-137
 -innovación y, 60-62
 -pesimismo y, 60-62
 -pirámide de la abundancia y, 31-36
 -agua y, 31-34, 117-118
 Véase también clima; calentamiento
 global
 medios de comunicación, optimis-
 mo-pesimismo y, 52, 53, 54
 Mendel, Gregor, 136
 mentalidad
 -importancia de la, 291
 -puntos de vista de Shiv sobre, 287-
 289, 293
 mente,

- sesgos cognitivos y, 47-51
- el número de Dunbar y, 56-57
- tecnologías exponenciales y, 81-82
- Google como incluido en la humana, 79-82
- procesamiento de la información por, 51-56, 243-244
- relaciones interpersonales procesadas por, 56-57
- lineal, 70-71
- neuroeconomía y, 287-289
- regeneración y renovación de las conexiones neuronales de, 254-255
- papel en percibir la realidad de, 45-55, 57-58
- y el mundo como globales y exponenciales, 53-55
- y el mundo como local y lineal, 53-56
- Véase también partes específicas de la mente
- mercado negro, 356
- mercantilización, 184-185
- metatecnologías, 127
- Metcalfé, Bob, 217, 218, 220
- Método de Innovación Rápida, 294
- Método de Innovación Rápida 5X5X5, 294
- México, 166, 206, 259, 278, 357
- microcrédito, 39
- microfinanzas, 26, 168
- Microsoft, 33, 102, 178, 179, 213, 253. Véase también Gates, Bill
- microtarefas, 190
- miedo
 - al fracaso, 289
 - innovación y, 288-289, 293-294
 - como motivador que conduce la innovación, 273-274
 - y el peor de los casos, 53
- Miell, Doug, 129
- miembros protésicos, 119
- Miguel, Edward, 117
- militares, Estados Unidos
 - alimentos para, 139-142
 - coches robóticos y, 9164
- Mills, Arvind, 182
- mil millones emergentes.
 - lograr la abundancia y, 298-299
 - móviles y, 186-189
 - café/intercambio de ideas y, 191-193
 - en países en vías de desarrollo, 191-193
 - educación y, 259
 - empoderamiento, 259
 - energía y, 213-214, 259
 - alimentos y, 259
 - como fuerza de la abundancia, 186-187
 - asistencia sanitaria y, 248-249, 259
 - potencial del mercado de los, 105-106, 181-186
 - metainteligencia y, 191-193
 - posibilidad de la abundancia y, 25-26
 - maldición de los recursos y, 188-189
 - agua y, 204
- Véase 259 negocio BoP (parte baja de la pirámide); pobreza/pobres
- miniaturización, 119, 193
- Minsky, Marvin, 226, 241, 365
- Mitra, Sugata, 223, 224, 225
- Modzelewski, Mark, 128
- Mohr, Catherine, 250
- Monitor Group, 176
- Monsanto, 139
- Moon, Nick, 169
- Moore, Fred, 157
- Moore, Gordon, 77
- Moore, ley de, 245, 341
- Morales, Óscar, 265
- Morgan, J.P., 168
- Morozov, Evgeny, 269

Moskivitz, Dustin, 179
 motocicletas, 185
 móviles, aparatos, 24, 35, 39, 65,
 109, 113, 121, 122, 131, 183, 184.
 Véase móviles, iPhones; móviles
 inteligentes
 móviles, teléfonos,
 -el adyacente posible y, 298-299
 -mercado de la base de la pirámide
 y, 122-123, 185-190
 -coste de, 298-299
 -progreso y, 65-66
 -en áreas rurales, 122-123
 -pirámide de la abundancia y, 35-
 36, 38-40
 -aumento de los abonados a, 343
 móviles inteligentes, 190, 345, 349
 M-PESA, 188
 Mubarak, Hosni, 269
 mujeres
 -en África, 200-201
 -educación de, 239-240
 -energía y, 200
 -y el objetivo de proporcionar a
 todo el mundo agua potable, 33-
 35
 -derechos de, 33-34, 36-38
 Musk, Elon, 24, 180, 290
 Myhrvold, Nathan, 213, 214

N

Naciones Unidas (ONU)
 -estudio de agroecología por, 150-
 151
 -base de datos de, 68-71
 -Programa de Desarrollo de, 199-
 200
 -informes de energía/cálculos de,
 35-36, 199-200
 -Organización de las Naciones
 Unidas para la Alimentación y la
 Agricultura (FAO), 140-141, 362-
 363

-estudios sobre el hambre por, 133-
 134
 -e Internet como derecho humano,
 161-162
 -informes sobre la pobreza de, 30-
 31, 65-66
 -espíritu empresarial social y, 168-
 169
 Organización de las Naciones
 Unidas para la Alimentación y la
 Agricultura (FAO), 141
Nadie pierde (Wright), 107
 Nairobi, 249, 307
 Namibia, 262
 Nanobiosym, 99, 249
 nanobots, 80, 100, 101
 Nano (coche), 185
 nanociencia, 101
 nanocompuestos, 101
 NanoH₂O, 127
 nanomateriales, 83, 126
 nanotecnología, 125, 126, 127, 193,
 195, 249, 353, 354, 364
 Napoleón I, 277
 Napoleón III, 18
 National Advisory Committee for
 Aeronautics (NACA), 160
 National Science Foundation, 126
 Navigenics, 257
 nazis, programa de eugenesia de los,
 23
 necesidades,
 -jerarquía de Maslow de las hu-
 manas, 29-30, 305
 Véase también necesidades básicas;
 pirámide de la abundancia;
 necesidades específicas
 necesidades básicas,
 -gasto estadounidense en, 297-298
 -jerarquía de Maslow y, 29-30, 296-
 297, 305
 -tiempo y, 61-62
 Véase también necesidad específica

- necesidades fisiológicas: pirámide de la abundancia y, 29
- negocios/industria
- energía y, 200, **322**
 - como fuerza positiva, 157
 - impacto de Internet en, 88
 - empresariado social y, -agua y, 117, 122
 - Véase también negocios específicos o tipos de negocios
- Negroponte, Nicholas, 226, 227, 228
- Nelson, Ted, 158
- Nepal, **333**
- neuroeconomía, 288
- neurología, sesgos cognitivos y, 47
- neuroprótesis, 80
- Nevada, coches autónomos en, 91
- New Energy Technologies, 204
- New Harvest, 148
- Newkirk, Ingrid, 149
- Newton, Isaac, 67
- Newton (PDA de Apple), 288
- New Yorker*, revista, 149, 191
- New York Times*, 49, 54, 165, 166, 179, 190, 297
- Níger, 39
- Nigeria, 35, 39, 189, 201, 259, 262
- NIIT Technologies, 223
- Ningún Niño Abandonado, ley (2001), 230
- niños
- en África, 200-201
 - energía y, 35-36
 - mortalidad de, 31-36, 123-124, 242-243, 295, 309, 318-319, 335, 338-339
 - uso de la tecnología en, 331
- nivel de vida
- peligros de las tecnologías exponenciales y, 362-363
 - definición de, 68-69
 - desmaterialización y, 194-195
 - educación y, 239-240
 - energía y, 213-214
 - tecnologías exponenciales y, 81-83
 - progreso y, 67-68
 - pirámide de la abundancia y, 34-35
- Njima, Mercy, 200
- Nokia, 39, 122, 228, 238, 258
- Northwestern, Universidad: proyecto «Cañería inteligente» en, 128
- Noruega, 148
- Novagratz, Jaqueline, 175
- Nuance Communications, 246
- «nube de las abuelitas», 225
- nucleares del patio trasero, 215
- Nueva York, ciudad, producción de alimentos en, 141-142
- Nueva Zelanda, 111, 143
- Nungesser, Charles, 275
- Nyongò, Isis, 39
- O**
- Obama, Barack, 42, 49, 95, 107, 108, 214, 235, 267
- obesidad, 257
- Objetivos de Desarrollo del Milenio, 200
- océanos
- biocombustibles y, 209
- Oersted, Hans Christian, 18
- OGM (organismos genéticamente modificados), 135
- Oldfield, John, 33
- Omidyar, Pam, 26
- Omidyar, Pierre, 26, 176, 179
- Onceava hora, proyecto, 279
- One Planet Living (OPL), 20
- Oppenheimer, Robert, 87
- optimismo, 61. Véase también pesimismo
- ORBIS International, 250
- ordenadores/informática,
- agricultura y, 128-129
 - inteligencia artificial y, 92-94
 - jugar al ajedrez, 79-80, 92-93

- nube, 98-100
 - coste de, 77-80, 98-99, 226-228, 341
 - ciberdelito y, 359-362
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 363-365
 - «hazlo tú mismo» y, 164-165
 - educación y, 38-39, 223-229, 237-240
 - crecimiento exponencial de, 237-238
 - tecnologías exponenciales y, 77-81
 - futuro de, 79-81
 - asistencia sanitaria y, 244-246, 255-257
 - infinita, 97-99
 - portátil, 239-240, 341
 - Maker Movement y, 163-164
 - movilidad de, 190-191
 - personal, 156-158, 190-191
 - realidad y, 359-361
 - fallos de seguridad y, 360-361
 - en la Singularity University, 82-83
 - velocidad de, 77-80, 92-94, 341
 - como herramientas de cooperación, 108-109
 - como tecnología transformadora, 25-26,
 - armas y, 79-80
 - Véase también robótica
 - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 141, 313, 317
 - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 239
 - Organización Mundial de la Salud (OMS), 31, 250
 - Oriente Medio, 127, 139, 175
 - Orteig, Raymond, 274
 - Osborne, Adam, 158
 - Osborne Executive, ordenador portátil, 78, 350
 - ósmosis inversa, 127
- P**
- P4 (predictiva, personalizada, preventiva, participativa) asistencia sanitaria, 256
 - Page, Larry, 290
 - páginas web, sobre la abundancia, 262, 301-302
 - países industrializados. Véase países desarrollados
 - Pajama Sam (videojuego), 232
 - Pakistán, 107, 263
 - Palin, Sarah, 49
 - pandemias, 12, 41, 44, 98, 99, 145, 174, 177, 242, 249, 355, 357
 - Papert, Seymour, 38, 226
 - Papua Nueva Guinea, **333**
 - Pathfinder (nave espacial), 285
 - PayPal, 172
 - paz
 - nanotecnología y, 100-101
 - progreso y, 71
 - PCWorld, revista, 95, 245
 - Pearson, Scott, 235
 - Peccei, Aurelio, 21
 - peces/pesca, 22, 128, 134, 145, 146, 147
 - Pegar y pegar* (Heath y Heath), 282
 - pena de muerte, 66
 - pensamiento positivo: necesidad de convertir a, 60
 - pequeños grupos
 - como innovadores del «hazlo tú mismo», 158-163
 - poder de, 159, 279-282, 294
 - Personas para el Trato Ético de los Animales (PETA), 148
 - perspectivas globales y exponenciales, 54-55, 56-57
 - perspectivas locales y lineales, 56
 - Perú, 63, 67
 - pescado, 134, 145, 146, 147

pesimismo, 59, 61, 141

pesticidas, 134, 137, 138, 142, 144

petróleo

-alternativas al, 206-207

-muertes por, 325

-«hazlo tú mismo» y, 165-166

-sistemas de producción y distribución de alimentos y, 133-135

-como fuente de energía, 322,323

-límites del crecimiento y, 21-22

-Masdar como ciudad pos-petrolífera y, 19-21

-en Nigeria, 201-202

-poder de, 62-63

-maldición de los recursos de, 189-190

-vertidos, 165-166

-almacenamiento de, 209-211

-demanda de Estados Unidos de, 322

-Masdar como ciudad pos-petrolífera y, 19

Piaget, Jean, 226

Piensa diferente, 291

Pinker, Steven, 66

pirámide de la abundancia

-supervivencia básica y, 30-35

-cuadro de, 305

-niveles en, 30

-jerarquía de las necesidades de Maslow y, 29-30, 305

-búsqueda de la catalaxia y, 34-37

Pitágoras, teorema, 195

Planetario James S. McDonnell, 162

Plantagon (Suecia), 143

Plinio el Viejo, 17

población

-cuadros sobre, 333-339

-consumo y, 65-66

-control de la, 22-23, 33-34

-educación y, 335

-energía y, 335

-fertilidad y, 123-124, 336

-alimentos y agricultura y, 140-141, 151-152

-crecimiento de, 123

-innovación y, 191-192, 305

-Internet de las cosas y, 89-90

-usuarios de Internet y, 342

-límites del crecimiento y, 20-23

-mortalidad y, 336

-predicciones sobre, 61-62

-progreso y, 65-66

-pirámide de la abundancia y, 31-34, 36-38

-tasa de crecimiento/innovación y, 123-124, 305

-cambio regional y, 339

-agua/servicios sanitarios y, 31-34, 117-118, 122-123, 335

-mundo, 305, 335-336

-y perspectivas de urbanización mundial, 334

pobreza/pobres.

-beneficios de la tecnología y, 366-367

-AVAD y, 319

-definición de, 27-29

-desmaterialización y, 195-196

-educación y, 1223-227, 239-240, 331

-como fuerza de mercado emergente, 25-26

-energía y, 199-200

-evolución de la tecnología y, 366-367

-alimentar a, 133-152

-tasas de fertilidad y, 123-124

-género y, 239-240

-salud y, 319

-alojamiento para, 168-169

-TIC y, 42-43

-esperanza de vida y, 242-243

-banca móvil y, 186-189

-posibilidad de la abundancia y, 25-26

- progreso y, 63-64
 - reducción en, 183-184, 186-188, 297-298
 - brecha ricos-pobres y, 63-66
 - espíritu empresarial social y, 168-169
 - agua y, 33-34, 309
 - Véase también brecha ricos-pobres; «mil millones emergentes»
 - AVAD y, 315
 - Pokémon* (juego), 233
 - Polaris Venture Partners, 217
 - política, libertad, 42, 65, 261, 262
 - política exterior, Estados Unidos, 267
 - Pollan, Michael, 138
 - polución, 29, 60, 128, 195, 219, 320
 - Ponche de ácido lisérgico* (Wolfe), 155
 - Pony Express, 107
 - PR2 (robot personal 2), 94
 - Prahalad, Coimbatore Krishnarao «C. K.», 181, 182, 183
 - predicciones
 - y creación de ti mismo como medio de predecir el futuro, 283-284
 - sobre las tecnologías exponenciales, 75-76, 79-80
 - sobre el hambre, 61-62
 - de Kruzweil, 79-80
 - sobre población, 61-62
 - sobre tendencias tecnológicas, 75-76, 79-80
 - preguntas, responder las adecuadas, 231-233
 - premio Lemelson-MIT, 76
 - Premio Longitud, 277, 279
 - Premio Orteig, 276
 - premios incentivadores, 281
 - PREMIO X, Fundación, 13, 23, 92, 159, 171, 178, 235, 249, 277, 278, 280, 281, 282, 283, 290, 291
 - prensa libre, 189
 - Prescription for the Planet (Bless), 214
 - prejuicio excluyente, 57
 - PricewaterhouseCoopers, 41
 - Primus Power, 211
 - Pritchard, Michael, 125
 - privacidad: peligros de las tecnologías exponenciales y, 353
 - proceso de desarrollo de prototipos, 97, 293, 294
 - Procter & Gamble, 208
 - productividad, 32, 95, 128, 134
 - profesores, 201, 223, 225, 226, 229, 231, 232, 237, 238, 239
 - programas de planificación familiar, 33
 - progreso
 - acumulado, 66-69
 - intercambio y, 66-69
 - tasa de, 71
 - estudio de Rosling y, 71
 - especialización y, 66-69
 - entender la tasa exponencial de, 71
 - Progressive Insurance Company, 281
 - proteína, 138, 144, 145, 147
 - Proteus, nave espacial, 160
 - Próximo Oriente, 267, 269, 313, 347
 - Proyecto Genoma Humano, 86
 - Proyecto Masiluleke, 259
 - prueba del poste telefónico, 47
 - psicología evolutiva, 60
 - punto azul pálido, la tierra como, 131
 - purificador de agua, Slingshot, 120, 121, 122, 123
- Q**
- QuadCopter (UAV), 163
 - Quadir, Iqbal, 186, 187
 - Qualcomm, 249
 - Quantified Self, 258
 - Quest2Learn, 235
 - Quirk, Patrick, 42
- R**
- RadioShack, 165
 - Ramakrishna, Sri, 289

- RAND Corporation, 244
- Rand, Stephen, 205
- Raoul Adamchak, 138
- Raven (UAV), 163
- rayos X, máquina, 246, 247
- Rayport, Jeffrey, 190
- reactor de onda viajera (TWR), 216
- reactores nucleares de cuarta generación, modulares, de pequeña escala (SMR), 215
- realidad
 - abundancia como perspectiva para dar forma a la, 298-299
 - sesgos cognitivos y, 47-49
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 359-361
 - estudios de Kahneman sobre, 45-47
 - predominio del pesimismo y, 59-61
 - papel de la mente en en percibir la, 45-55, 57-58
 - estudios de Kahneman sobre, 298
- red de energía, 210, 217, 218
- redes
 - definición de, 88-89
 - energía y, 216-219
 - como «Internet de las cosas», 88-91
 - visiones de Moore sobre las, 157-158
 - programas de la Singularity University y, 82-83
 - como tecnología transformadora, 25-26, 87-91
 - programas de la Singularity University y, 302
- redes sociales, uso de, 262, 358
- redes tutoriales de igual a igual, 238
- red inteligente
 - para la energía, 217
 - para el agua, 127-130
- Rees, Martin, 355
- regulación, de las tecnologías exponenciales, 363
- Reino Unido. Véase Gran Bretaña
- relaciones,
 - el número de Dunbar y, 56
 - jerarquía de las necesidades de Maslow y, 29
- relaciones internacionales, 264, 268
- relevancia, deseo de, 273
- republicanos, reforma de la asistencia sanitaria y, 49
- reputación, 30, 181, 275
- residencias de ancianos; robots como enfermeros en, 253
- residuos
 - desmaterialización y, 195-196
 - en la cadena alimentaria, 315
 - energía nuclear y, 215
 - procesado/reciclado de, 35-36, 144-145
 - pirámide de la abundancia y, 35-36
 - y la red inteligente para el agua, 127-128
- responsabilidad
 - jerarquía de las necesidades de Maslow y, 29
- retretes, 130
- Rettberg, Randy, 165
- Revolución Twitter, 42
- Revolución Verde, 135, 140
- Rheingold, Howard, 157
- Rice, Condoleezza, 265
- Ridley, Matt, 35, 59, 60, 61, 136, 191, 225, 366
- riesgo
 - lograr la abundancia y, 298-299
 - evolución de una gran idea y, 285-288
 - sentirse cómodo con el fracaso y, 291-294
 - premios incentivadores y, 279-281
 - innovación y, 279-283, 285-294
 - neuroeconomía y, 287-289

- grupos pequeños y, 280-81, 294
- línea de supercredibilidad y, 289-291
- «Piensa diferente» y, 291
- tolerancia al, 287-288
- ventajas del fracaso y, 287-290
- Rinne, April, 122
- riñón, trasplante de, 255
- riqueza.
 - AVADs y, 319
 - progreso y, 66-67, 71
 - estudio de Rosling sobre distribución de, 69-71
- Véase también dinero; brecha ricos-pobres
- Roberts, John, 60
- Robinson, Ken, 37, 229
- robótica
 - agricultura y, 142-144, 151-152
 - aviones y, 97-98
 - peligros de, 100-101, 353-355, 359-368
 - desmaterialización y, 194-195
 - «hazlo tú mismo» y, 164-165
 - películas sobre, 354-355
 - asistencia sanitaria y, 250-254
 - premios incentivadores para, 281-282
 - trabajos y, 361-363
 - programa de la Singularity University sobre, 82-83
 - como tecnología transformadora, 25-26, 93-96, 100-101
 - UAV y, 162-164
- Robotics Technology Consortium, 95
- Rockefeller, David, 179
- Rockefeller, Fundación, 168, 176
- Rockefeller, John D., 172
- Rockefeller, John D., hijo, 356
- Rockefeller, Justin, 173
- Roessler, Paul, 207
- RollerCoaster Tycoon* (juego), 234
- Romer, Paul, 195
- Ronald, Pamela, 138
- Rosedale, Philip, 362
- Rosentock, Linda, 357
- Rosling, Hans, 69
- Ruanda, 228
- Ruf & Tuf, vaqueros, 183
- Rushkoff, Douglas, 363
- Russell, William, 107
- Rutan, Burt, 159, 160, 161, 162
- Rutter, Brad, 245
- S**
- Sachs, Emanuel, 204
- Sachs, Jeffrey, 109
- Sadoway, Donald, 212, 325
- Safaricom, 113, 188
- Sagan, Carl, 131
- Sainte-Claire Deville, Henri, 18
- Salen, Katie, 235
- saliva, la tríada de MacGyver y, 246
- Salón de la Fama de los Inventores Nacionales, 76
- salud/asistencia sanitaria.
 - acceso a, 297-298
 - era de la abundancia en, 257-259
 - gastos de Estados Unidos en, 297-298
 - inteligencia artificial y, 92-94, 99-100
 - mercados BoP y, 188-189
 - cuadros sobre, 318-321
 - ordenadores y, 244-246, 248-250, 255-257
 - coste de, 252-254
 - ciberdelincuencia y, 359-360
 - peligros de las tecnologías exponenciales y, 354-360, 362-363
 - datos sobre, 99-100
 - «paneles de la muerte» y, 48-49
 - desmaterialización y, 194-195
 - conocimiento de los doctores y, 243-245
 - educación y, 239-240, 258-259

- alimentos y agricultura y, 136-139, 241-242, 249-250, 315
- libertad y, 261-262
- premios incentivadores y, 282-283
- ingresos y, 297-298, 319
- infraestructura para, 258-259
- laboratorio en un chip y, 98-100
- límites del ser humano y, 242-245
- triada MacGyver y, 245-250
- educación médica y, 242-244
- miniaturización y, 194-195
- propuestas de Obama sobre, 48-49
- personalizada, 42-43, 93-94, 99-100, 245-246, 255-258
- polución y, 320
- posibilidad de la abundancia y, 26
- errores prevenibles en, 243-245
- progreso y, 66-67, 71
- proteínas y, 144-148
- pirámide de la abundancia y, 29-30, 39-42, 305
- estudio de Ridley de las tendencias en, 61-62
- «mil millones emergentes» y, 248-249
- robótica y, 94-95, 250-254
- carestía de doctores y enfermeras en, 98-100, 244-245
- programa de la Singularity University en, 82-83
- células madre y, 252-256
- cirugía y, 249-252
- tecnofilantropía y, 178-180
- trasplantes y, 255-256
- agua y, 33-34, 117-118, 123-124, 249-250, 309, 319-320
- diagnósticos de coste cero y, 246-250
- Véase también bioterrorismo; enfermedad, infecciones; esperanza de vida
- sangre, análisis de, 40
- Scaled Composites, 159
- Schell, Jesse, 234
- Schervish, Paul, 177
- Schmidt, Eric, 263, 268, 270
- Schmidt, Wendy, 279
- Schrage, Michael, 294
- Schultz, Howard, 116
- Schulze, Helmut, 126
- Scott, Ben, 263
- Sears, Richard, 172
- secuenciación del genoma, 41, 256, 283
- Segunda Guerra Mundial, 12, 139, 140, 142, 145, 225
- seguridad
 - jerarquía de las necesidades humanas de Maslow y, 29-30
 - progreso y, 66-67
- Segway, 119
- semiconductores, industria, 77, 205
- Sen, Amartya, 262
- Senegal, 227
- sensores
 - agricultura y, 142-144
 - bioterrorismo y, 357-358
 - definición de, 88-89
 - energía y, 217
 - asistencia sanitaria y, 252-254, 257-259
 - como «Internet de las cosas», 88-91
 - programas de la Singularity University sobre, 82-83
 - como tecnología transformadora, 25-26, 31-91
- servicios sanitarios
 - cuadros sobre, 306-310
 - objetivo del agua potable y, 30-35
 - coste de, 129-131
 - enfermedades y, 1309-131
 - Ethos y, 116-117
 - libertad y, 261-262
 - salud/asistencia sanitaria y, 249-250, 320

- esperanza de vida y, 242-243
- pérdidas debidas a los malos, 309
- nanotecnología y, 126-127
- necesidad de agua y, 116-117
- optimismo/pesimismo y, 52-53
- población y, 335
- mejorados, uso de, 309-310
- objetivo del agua potable y, 33
- servilletas de papel, triada de Mac-Gyver y, 246
- sesgo autoritario, 57
- sesgo de confirmación, 48, 49
- sesgo negativo, 49
- sesgos cognitivos, 48, 49, 278, 296
- SETI@home, 110
- sexo, 29, 66.
 - Véase también fertilidad
- SGI, 207
- Sheldon, Lee, 234
- Shell, 201, 209
- Shirky, Clay, 112
- Shiv, Baba, 288
- Shiv, Vandana, 135
- Shoemaker, Paul, 176
- SIDA, 70
- Siegel, Eliot, 246
- Siegel, Marc, 52
- Sierra Leona, 70
- SimCity* (juego), 234
- Singapur, 143
- Singularity University (SU)
 - conferencia de Cerf en, 87-88
 - peligros de los exponenciales, taller en, 354-355
 - fundación de, 82-83, 101-102
 - Hecho en el Espacio y, 97-98
 - misión de la, 101-102
 - programas y licenciados de la, 82-83, 101-102, 302
 - instituciones académicas tradicionales comparadas con, 80-83
 - páginas web de, 301-302
- Sinha, Shantanu, 236
- Siria, 269
- sistema inmune, psicológico, 50, 55
- sistema psicológico inmune, 50
- sistemas de alcantarillado, 128, 130, 242, **316**
- sistemas de monitorización de patógenos, 358
- Sistemas de Posicionado Global (GPS), 129, 194, 249, 268
- sistemas privativos, 95
- Skoll, Jeff, 174, 175, 355
- Skype, 225
- Slingshot (purificador de agua), 120, 121, 122, 123, 124
- Smith, Pati Grace, 290
- Smith, Peter, 226
- Smith, Robert Angus, 60
- SMR (reactores nucleares de cuarta generación, modulares, de pequeña escala), 215
- Social Ventures Partners de Seattle, 176
- Sócrates, 242
- sol. Véase luz/iluminación; energía solar
- Solazyme, 209
- Sony, 203
- Soros, George, 179
- sostenible, movimiento, 182
- Spaceship Earth (Ward), 155
- SpaceShipOne, 161
- Space Shuttle, 428
- Spear, Tony, 285
- «Splice It Yourself» (Carlson), 167
- Sputnik, 77
- Stanford, George, 215
- Stanley (coche de Volkswagen), 91
- Starbucks, 116
- Stephenson, Niel, 239
- Stoner, Richard, 140
- Strano, Michael, 204
- Strategy+Business, revista, 182
- Suazilandia, 187

Sudáfrica, 115, 259
 Sudán, 108, 269
 Suecia, 43, 143, 155, 206, 366
 Suiza, 361
 Sullivan, Nicholas, 183
 Summit, Scott, 365
 Sun Microsystems, 112, 193, 211, 353
 SunPower, empresa, 203
 SunShot, iniciativa, 205
 Suntech, empresa, 203
 supercredibilidad, línea de, 289
 superordenadores, 92, 245-246, 249,

350

Véase también Watson superviven-
 cia
 supervivencia
 -papel de la amígdala en, 51-55
 -optimismo y pesimismo y, 52-53
 Véase también necesidades
 psicológicas
 Sussman, Gerald, 165
 Swanson, Dick, 203
 Swanson, ley de, 203
 SyNAPSE (chip de silicio), 93
 Synthetic Genomics Inc. (SGI), 207

T

Tanzania, 43, 169, 187, 228, 335
 Tata, Ratan, 24, 185, 293
 TCP/IP, tecnología, 88
 Technology, Entertainment, and De-
 sign (TED), conferencias, 69, 125,
 156, 171, 236

tecnofilantropía

-conseguir la abundancia y, 298-
 299
 -cooperación y, 105-106
 -como fuerza de la abundancia,
 185-186
 -«Compromiso de Donación» y,
 179-180
 -y cuánto se da, 178-180
 -hiperagentes y, 176-178

-importancia de, 259
 -nueva generación de, 73-178
 -y el número de filántropos, 178-
 180
 -posibilidad de la abundancia y, 25-
 26
 -barones ladrones y, 171-174, 176-
 178
 -espíritu empresarial social, 174-
 176

tecnología

-como agente del cambio, 41-43
 -naciones en vías de desarrollo
 como incubadoras para, 193-195
 -«disruptiva», 193-195
 -en la historia, 305
 -la humanidad fusionándose con,
 365
 -lección del aluminio y, 18-19
 -ciclo de vida de, 352
 -incremento de población y, 305
 -posibilidad de la abundancia y, 24-
 26
 -predicciones sobre tendencias en,
 75-76
 -pirámide de la abundancia y, 41-42
 -tasa de progreso en, 71, 123-124,
 274-275
 -como mecanismo de liberación de
 recursos, 18-19
 -estudio de Ridley de las tendencias
 en, 61-62
 -y el papel de la mente en el pro-
 cesamiento de la información,
 55-56
 -especialización y, 67-68
 -uso de la tecnología en niños, 331
 -imparable, 365-367

Véase también tipo de tecnología

tecnología de control remoto, 129
 tecnología personal,
 Véase innovadores del «hazlo tú
 mismo»

- tecnología rompedora, 185
- tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
 - responsabilidad y, 109-110
 - Android, 112-114
 - cuadros sobre, 340-347
 - cooperación y, 107-110, 112-114, 270
 - coste de, 113-114
 - peligros de, 350-360
 - democracia y, 109-110
 - atribución de poder, 262-263, 266-270
 - expansión exponencial de, 237-238
 - libertad y, 262-263, 266-267, 270
 - impacto de, 42-43, 109-110, 262-263
 - relaciones internacionales y, 268-270
 - esperanza de vida y, 242-243
 - como herramienta neutral, 270
 - posibilidad de la abundancia y, 24-26
 - pirámide de la abundancia y, 29-30, 34-35, 38-40, 305
 - replicación y, 109-110
 - escala y, 109-110
 - empresariado social y, 167-169
 - cooperación y, 109
- tecnologías exponenciales
 - beneficios de, 363-366
 - cooperación y, 105-114
 - peligros de las, 353-367
 - definición de exponencial y, 77-78
 - como fuerza de la abundancia, 185-186
 - perspectivas global y exponencial y, 53-58
 - reacción de los «viejos buenos tiempos» a, 363-366
 - limitación del desarrollo de las, 365-367
 - límites de las, 105-106
 - omnipresencia de las, 80-81
 - regulación de las, 355-357
 - como irrefrenables, 365-367
 - Véase también tecnologías específicas
- tela de vaquero, manufactura de, 183
- teléfonos
 - tecnologías exponenciales y, 78-79
 - Véase también tipo de teléfono
- telímetros láser, 253
- televisión, 28, 56, 57, 109, 112, 217, 233, 251, 252
- Templeton, Brad, 91
- teoría del dominó, 31, 34, 298
- terrorismo, 44, 265, 266
- Text4Baby (Johnson & Johnson), 259
- The Age of Intelligent Machines*, 79
- The Decision Tree* (Goetz), 257
- «The Digital Disruption» (Cohen y Schmidt), 268
- The Global Achievement Gap* (Wagner), 228
- The Gospel of Wealth* (Carnegie), 173
- The Singularity Is Near* (Kurzweil), 80
- The Singularity Is Near, proyectos, 321
- The Spirit of St. Louis* (Lindbergh), 276
- Three Mile Island, 214
- Thrun, Sebastian, 91
- Thum, Peter, 115
- Tiberio (emperador romano), 17
- tiempo
- Tierra* (Plinio el Viejo), 17
- Tierra: como un punto azul pálido, 132
- tierra plana (Friedman), 31, 108
- Time*, revista, 60, 168, 174
- toma de decisiones: sesgos cognitivos y, 47
- Tomorrow's Table (Ronald y Adamchak), 138
- Tom Swift hijo, libros, 76

torio, 215, 329
 Torvalds, Linus, 110
 Toshiba, 215
 «trabajadores del conocimiento», 195
 trabajos
 -peligros de las tecnologías exponen-
 ciales y, 361-366
 -educación y, 36-38
 -energía y, 35-36
 -sin necesidad de, 362-365
 desmaterialización y desmoneti-
 zación y, 196
 trampas de la pobreza, 189
 transparencia, 114, 176, 189, 261, 262
 transporte
 -en comunidades BoP, 184-186
 -desarrollo de, 62-63
 -energía y, 206-207, 322
 -alimentos y, 142-145
 -red global para, 68-69
 -posibilidad de la abundancia y, 25-
 26
 -progreso y, 63-64, 66-69
 -revolución en, 108-109
 trasplantes de órganos, 255
 Tribogenics, 247
 triboluminiscencia, 247
 Turquía, **323, 338**
 Turner, Ted, 179
 Tversky, Amos, 48
 Twitter, 42, 108, 221, 262, 267, 269,
 301, 357

U

Uganda, 43, 187, 228
 Unilever, 184
 Unión Europea, 111
 Unión Soviética, 79
 Universidad de California, Berkeley,
 68
 Universidad de California, Los Ánge-
 les, trabajo sobre bioterrorismo
 en, 246

Universidad de Illinois: estudios de
 optimización de la fotosíntesis
 en, 144
 Universidad de Maryland, Facultad
 de Medicina, y Watson en la
 facultad, 246
 Universidad de Stanford, 21, 90, 91
 Un millón de voces contra las FARC,
 266
 Un Portátil para cada Niño (OLPC),
 227
 uranio, 215, 216
 urbanización.
 -cuadros sobre, 333, 334
 Véase también ciudades
 Uruguay, 228
 Ushahidi (páginas web), 262

V

vacunas, 87, 177, 179, 200, 248, 355,
 357
 Vanderbil, Cornelius, 28, 172
 vehículos aéreos no tripulados
 (UAV), 162, 163
 Venter, J. Craig, 83, 85, 86, 87
 Vestas, 206
 vida
 -creación de multicelular, 106-107
 -sintética, 86-87
 vida sintética, 86, 87, 206
 vidas salvadas, 62
 videojuegos, 178, 194, 232, 233, 234,
 235, 237, 238, 280, 298
 «viejos buenos tiempos», reacción,
 365
 Vietnam, 68, 335
 Viking (nave espacial), 285, 286, 287
 violencia, 66, 135, 262, 268, 273, 367
 Virgin Airlines, 209
 «Visionarios», encuentros (Fun-
 dación PREMIO X), 23, 289
 vitaminas y minerales, 30
 Voyager (nave espacial), 132, 160

vuelos espaciales, 148, 159, 161, 162,
278, 282

W

Wadhwa, Vivek, 362
Wagner, Tony, 228, 230, 231
Walker, Joe, 160
Wall Street Journal, 225, 295, 355
Ward, Barbara, 155
WASH, iniciativa de apoyo, 33
Washington, DC, agua en, 128
WaterCredit, 122
Water Innovations Alliance, 128
Watson, James, 166
Watson (Ordenador de IBM), 245,
246, 249
Watson, Thomas Sr., 245
Webby Awards, 42
Weiss, Robert K., 281
Wells, H. G., 233
Wertheimer, Max, 29
West, Geoffrey, 192
Westinghouse, 215
What Technology Wants (Kelly), 55,
77, 296
What the Dormouse Said (Markoff),
158
Wheeler, David, 201
Whitesides, George M., 248
Whole Earth Catalog (Brand), 137
WikiLeaks, 262
Wikipedia, 112
Williams, Peter, 127
Willow Garage, 94
Wing, Mike, 89
Wired, revista, 110, 157, 162, 257, 353
Witherspoon, Jay, 19, 193
Wohler, Frederick, 18
Wolfe, Tom, 155
Wood, Lowell, 130
Woods Hole, Institución Oceanográfica,
278
Wooster, Stanton H., 275

Worden, Dimon «Pete», 82
World Is Witness (página web), 262
Worldwatch, Instituto, 134
World Wide Web, 25
Wozniak, Steve, 158
Wright, Robert, 107
Wurman, Richard Saul, 156

X

X-15, nave espacial, 160
Xbox Kinect (Microsoft), 253

Y

Yahoo!, 94
Yeager, Chuck, 160
Yo, robot (película), 354
You Can Hear Me Now (Sullivan),
183
YouTube, 55, 95, 113, 114, 236
Yunus, Muhammad, 175, 184

Z

Zambia, 39
Zuckerberg, Mark, 26, 179

Sobre los autores

PETER H. DIAMANDIS es presidente y consejero delegado de la Fundación PREMIO X, cofundador y presidente ejecutivo de la Singularity University y fundador de más de una docena de empresas espaciales y de alta tecnología, incluyendo Zero Gravity Corporation, Space Adventures y la Rocket Racing League. También es fundador de la Universidad Internacional del Espacio.

El doctor Diamandis estudió en el MIT, donde logró licenciarse en biología molecular e ingeniería aerospacial y en la Facultad de Medicina de Harvard, donde obtuvo un doctorado en medicina.

Ha ganado docenas de premios, incluyendo el Robert H. Heinlein Award, el Neil Armstrong Award, el Arthur C. Clarke Innovation Award, el Economist No Boundaries Innovation Award y el Charles A. Lindbergh Award. El lema personal de Diamandis es: «¡La mejor manera de predecir el futuro es crearlo tú mismo!»

STEVEN KOTLER es autor de *best sellers*, periodista premiado, cofundador del santuario de perros Rancho de Chihuahua (www.rancho-dechihuahua.org) y cofundador y director de investigación del Flow Genome Project (www.flowgenomeproject.com). Sus libros incluyen las obras de no ficción *Abundancia*, *A Small Furry Prayer*, *El ala oeste de Jesús: el surf, la ciencia y el origen de las creencias*, y la novela *The Angle Quickest for Flight*. Sus artículos han aparecido en más de sesenta publicaciones, incluyendo *The New York Times Magazine*, *Wired*, *GQ*, *Outside*, *Popular Science* y *Discover*. También escribe «The Playing Field», un blog sobre la ciencia del deporte y la cultura para PsychologyToday.com.

El Sr. Kotler fue a la Universidad Johns Hopkins donde obtuvo un diploma en escritura creativa, y a la Universidad de Winsconsin, Madison, donde se licenció en Inglés y escritura creativa.

«Abundancia es un poderoso antídoto al actual malestar y pesimismo.»

RAY KRUZWEIL

Inventor, futurista y autor de *The Singularity is Near*

«Abundancia nos da pruebas de que la combinación adecuada de tecnología, personas y capital puede hacer frente a cualquier gran desafío.»

SIR RICHARD BRANSON

Presidente del Grupo Virgin

En este apasionante antídoto contra el pesimismo actual, los autores exploran cómo cuatro fuerzas emergentes —las tecnologías exponenciales, el innovador «hazlo tú mismo», los econofilántropos y los mil millones emergentes— están conspirando para resolver nuestros mayores problemas.

Proporcionar abundancia para alcanzar y superar las necesidades básicas de cada hombre, mujer y niño del planeta es el mayor desafío de la humanidad. Este libro trata de cómo vamos a lograrlo. La abundancia para todos está a nuestro alcance.

Diamandis y Kotler documentan cómo el progreso en inteligencia artificial, robótica, computación infinita, redes de banda ancha ubicuas, manufactura digital, nanomateriales, biología sintética y muchas otras tecnologías nos permitirán obtener mayores logros en las próximas dos décadas de lo que hemos conseguido en los doscientos años anteriores. Nos presentan docenas de innovadores y capitanes de la industria que realizan enormes progresos en cada área.

www.antonibosch.com

ISBN 978-84-95348-92-0



9 788495 348920

Antoni Bosch  **Editor**