

Capítulo 3

Tecnología de la información: una fuerza disruptiva sin precedentes

Imaginemos que abrimos una cuenta bancaria con un centavo de dólar y a partir del día siguiente duplicamos el saldo cada día. Al tercer día, la cuenta pasaría de tener 2 centavos a tener 4. Al quinto día, el total habría pasado de 8 a 16 centavos. Poco antes de un mes, el saldo ya sería de más de un millón de dólares. Si hubiéramos

depositado ese centavo inicial en 1949, al mismo tiempo que Norbert Wiener escribía su ensayo sobre el futuro de la informática, y hubiéramos dejado que la Ley de Moore siguiera su curso — duplicando el saldo de la cuenta más o menos cada dos años—, en 2015 nuestra cuenta tecnológica tendría casi 86 millones de dólares y el saldo se seguiría duplicando a medida que pasara el tiempo. Las innovaciones en el campo de la informática también siguen este ritmo de progreso, y en los años y las décadas siguientes se superará con creces todo lo logrado en el pasado.

Aunque la Ley de Moore es la mejor para medir el aumento de potencia de las computadoras, el avance de la tecnología de la información se está produciendo en muchos frentes distintos. Por ejemplo, la capacidad de memoria de una



Aunque las tecnologías de la información y la comunicación han avanzado en los últimos años de una manera exponencial, la innovación en otras áreas ha sido gradual. Cabe citar el diseño básico de los automóviles, las casas, los aviones, los electrodomésticos o las infraestructuras para la energía y el transporte, que no han cambiado de manera significativa desde mediados del siglo XX. La célebre frase: «Nos prometieron coches voladores y a cambio nos han dado 140 caracteres», pronunciada por Peter Thiel, cofundador de PayPal, refleja el sentir de una generación que esperaba un futuro mucho más emocionante.

Esta ausencia de un progreso general contrasta con el progreso que se vivió entre finales del siglo XIX y mediados del siglo XX. En aquel periodo se generalizó el uso del agua corriente en las casas, de

los automóviles, de los aviones, de la bombilla eléctrica, de los electrodomésticos, de la salubridad pública y de la red eléctrica y otros servicios públicos. Todo esto ofreció una calidad de vida mejor a la mayoría de la población de los países industrializados.

Algunos economistas han tomado nota de la lentitud de los avances en casi todas las esferas de la tecnología y la han relacionado con las tendencias económicas que hemos visto en el capítulo anterior, sobre todo con el estancamiento de los ingresos de la gran mayoría de los estadounidenses. Uno de los principios básicos de la economía actual es que este cambio tecnológico es esencial para que la economía crezca a largo plazo. Robert Solow, el economista que formuló esta teoría, recibió el Premio Nobel por su trabajo en 1987. Si la

innovación es el principal motor de la prosperidad, quizá el estancamiento salarial se deba más al ritmo con el que se generan nuevos inventos y nuevas ideas que al impacto de la tecnología en las clases media y trabajadora. Quizá las computadoras no sean tan importantes y debamos fijarnos más en el ritmo del progreso en general.

Son varios los economistas que han mirado en esta dirección. Tyler Cowen, de la Universidad George Mason, publicó en 2011 un libro titulado *The Great Stagnation* [*El gran estancamiento*], donde proponía que la economía estadounidense ya había llegado a un estancamiento temporal tras haber consumido todos los frutos que estaban al alcance de la mano, como la innovación accesible, las tierras gratuitas y el talento humano infrutilizado. Robert J. Gordon, de la Universidad

de Northwestern, es aún más pesimista, y en un artículo publicado en 2012 asegura que el crecimiento económico de Estados Unidos está obstaculizado por la lentitud de la innovación y una serie de *vientos en contra*, entre los que se cuentan un endeudamiento sin precedentes, el envejecimiento de la población económicamente activa y los déficits en el sector educativo.¹

Para poder comprender cuáles fueron las causas que influyeron en el ritmo de la innovación, debemos considerar el proceso histórico por el que atraviesan todas las innovaciones tecnológicas. Un ejemplo que sirve para ilustrar esta dinámica es la historia de la aviación. El primer vuelo controlado e impulsado por un motor ocurrió en diciembre de 1903, y duró aproximadamente 13 segundos; el progreso se aceleró a partir de ese humilde

comienzo, pero aquel nivel tan primitivo de la tecnología significaba que pasarían años antes de que un avión fuera práctico. En 1905, Wilburn Wright se mantuvo en el aire casi 40 minutos y recorrió una distancia de unos 40 kilómetros. Sin embargo, unos años después las cosas empezaron a ir mejor. La tecnología aeronáutica avanzó siguiendo una curva exponencial y con un ritmo espectacular. En la Primera Guerra Mundial, los aviones se enzarzaban en veloces batallas aéreas. El progreso siguió acelerándose dos décadas más, y aparecieron aviones de combate de gran velocidad como el Spitfire, el Zero o el P-51. Sin embargo, en la Segunda Guerra Mundial el progreso se redujo de una manera significativa cuando los aviones de hélice llegaron a su potencial técnico definitivo y solo cabía hacer cambios de poca envergadura.

Esta trayectoria exponencial, que tiene forma de S , se estanca cuando llega a su punto de madurez, y explica bien la historia de cualquier clase de tecnología. Al acercarse el fin de la Segunda Guerra Mundial entró en escena una tecnología nueva: el motor a reacción, que superaba a cualquier motor de hélice y que seguía su propia curva en S (véase la figura 3.1).

Si queremos acelerar de una manera drástica el ritmo de la innovación en el diseño de aeronaves, debemos hallar otra curva en S que represente una tecnología de mayor rendimiento y económicamente viable.* El problema, claro está, es que por ahora no la hemos hallado. Puesto que no podemos descubrirla por el simple hecho de quererlo, deberemos esperar a que la tecnología madure, siempre y cuando esa curva exista.

computadora y la cantidad de información digital que se puede transmitir por una línea de fibra óptica han crecido de manera exponencial. Y esta aceleración no se limita al *hardware* informático: la potencia de algunos algoritmos de *software* ha llegado a niveles que ni la Ley de Moore podía predecir.

Aunque la aceleración exponencial nos da una idea muy buena del avance de la tecnología de la información durante periodos relativamente largos, la realidad a corto plazo es más compleja. En general, el progreso no es suave ni constante: a veces avanza de un salto y después hace una pausa para asimilar las nuevas capacidades y establecer las bases para el siguiente periodo de avance rápido. También hay bucles de retroalimentación e intrincadas interdependencias entre distintos campos de la tecnología. El progreso en un campo

campos de la tecnología. El progreso en un campo puede dar lugar a innovaciones en otro. A medida que la tecnología de la información avanza, sus tentáculos se adentran cada vez más en las organizaciones y en la economía en general, casi siempre transformando la manera de trabajar de las personas de una manera que fomenta el avance de la tecnología misma. Por ejemplo, la aparición de internet y del *software* de colaboración ha permitido la deslocalización del desarrollo de *software*; a su vez, esto ha dado lugar a un gran aumento del número de programadores, y la suma de todo este talento da lugar a más avances.

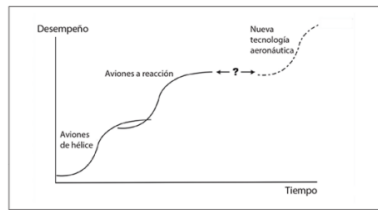
Aceleración contra estancamiento

La cuestión esencial es que, si bien muchos factores (como los niveles de inversión en investigación y desarrollo o la presencia de un entorno regulador favorable) pueden tener un impacto en la posición relativa de una tecnología con curva en S , el factor más importante es el conjunto de leyes físicas que rigen la esfera de la tecnología en cuestión. La industria aeronáutica aún no tiene la tecnología necesaria para construir un prototipo que supere al modelo actual, y esto se debe a las leyes de la física y a las limitaciones que imponen en nuestro conocimiento técnico y científico. Si esperamos contar con otro ciclo de innovación rápida en una amplia gama de áreas tecnológicas —algo parecido a lo que sucedió entre 1870 y 1960— vamos a tener que encontrar curvas en S para cada una de esas áreas, lo que supone un

reto gigantesco.

Hay un motivo importante para ser optimistas: el impacto positivo que la aceleración de la tecnología de la información tendrá en la investigación y el desarrollo en otros campos; por ejemplo, la secuenciación del genoma humano habría sido imposible sin una gran potencia de procesamiento. La simulación y el diseño asistidos por computadora han ampliado en gran medida el potencial para la experimentación de nuevas ideas en una gran variedad de áreas de investigación.

Figura 3.1. Las curvas S en la tecnología aeronáutica.



Un ejemplo del éxito de la tecnología de la información que ha tenido un gran impacto en todos nosotros ha sido el avance informático en las prospecciones de petróleo y de gas. A medida que ha disminuido la oferta mundial de yacimientos accesibles de gas y petróleo, nuevas técnicas, como las imágenes subterráneas en tres dimensiones, se



han convertido en herramientas indispensables para la localización de nuevas reservas. La empresa petrolera nacional de Arabia Saudita, Aramco, tiene un centro informático gigantesco donde unas potentes supercomputadoras se encargan de mantener el flujo de petróleo. Muchas personas se sorprenderían al saber que una de las consecuencias más importantes de la Ley de Moore es que las plantas energéticas a nivel mundial han afrontado con éxito el ritmo creciente de la demanda.

Con la aparición de los microprocesadores, las posibilidades de hacer cálculos y manipular datos han aumentado. Antes había pocas computadoras, y eran enormes, caras y lentas, pero las que tenemos ahora son pequeñas, baratas, potentes y están en todas partes. Si pudiéramos multiplicar el aumento de la capacidad informática de una sola

computadora desde 1960 por la cantidad de microprocesadores nuevos que han aparecido desde entonces, el resultado sería prácticamente incalculable. Parece imposible imaginar que este aumento espectacular de nuestra capacidad informática no tuviera tarde o temprano profundas consecuencias en una infinidad de campos técnicos y científicos. Sin embargo, el principal determinante de la posición en las curvas en S tecnológicas que deberemos alcanzar para lograr una innovación verdaderamente significativa, son todavía las leyes imperantes en la naturaleza. La capacidad informática no puede cambiar esa realidad, pero puede ayudar a los investigadores a llenar algunos huecos.

Los economistas que creen que hemos llegado a un estancamiento tecnológico suelen tener una

gran fe en la relación entre el ritmo de la innovación y la materialización de una prosperidad para todos, pensando que si podemos poner en marcha un progreso tecnológico general, los ingresos medios, una vez más, aumentarían en términos reales. Aunque me gustaría pensar que esto será así, en el mundo real hay pruebas suficientes que indican que no va a suceder. Para poder entender por qué, veamos qué hace que la tecnología de la información sea especial y cómo se interrelacionará con innovaciones en otras áreas.

¿Por qué la tecnología de la información es diferente?

La asombrosa aceleración del *hardware* informático



en las últimas décadas indica que, de alguna manera, nos las hemos arreglado para permanecer en la parte más pendiente de la curva en *S* durante mucho más tiempo del que ha sido posible en otras esferas de la tecnología. Lo cierto es que la Ley de Moore ha supuesto que se haya ascendido con éxito por una cascada de curvas en *S* que representan cada una de las tecnologías para la fabricación de semiconductores. Por ejemplo, el proceso litográfico usado para diseñar circuitos integrados se basó en las técnicas de imagen óptica. Cuando el tamaño de los semiconductores se redujo hasta el punto de que la longitud de onda de la luz visible era demasiado larga para permitir más avances, la industria de los semiconductores pasó a la litografía de rayos X.² La figura 3.2 ilustra esta cascada de curvas en *S*.

Una de las características de la tecnología de la información ha sido la relativa accesibilidad de las sucesivas curvas en *S*. La clave del aceleramiento sostenido no se debe tanto a que los frutos estén al alcance de la mano, como a que se puede trepar al árbol. Pero trepar a ese árbol ha sido un proceso muy complejo, impulsado por una fuerte competitividad que ha exigido grandes inversiones. También es el resultado de mucha cooperación y planificación. Para ayudar a coordinar todos estos esfuerzos, la industria ha publicado un documento llamado Mapa de Ruta Internacional para la Tecnología de Semiconductores (MRTIS) donde se ofrece una detallada previsión para 15 años del despliegue de la Ley de Moore.

Tal como están hoy las cosas, el *hardware* informático llegará a tener muy pronto la misma

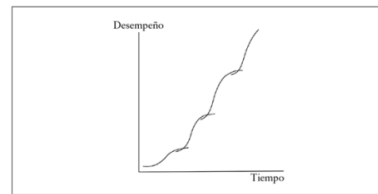


clase de retos que caracterizan a otras ramas de la tecnología. En otras palabras, llegar a la siguiente curva en *S* exigirá un salto enorme que quizá no se pueda dar. La trayectoria histórica que ha seguido la Ley de Moore ha sido reducir el tamaño de los transistores para que puedan caber más y más circuitos en un chip. A principios de la década de 2020, el tamaño de los componentes de los chips informáticos se habrá reducido hasta unos 5 nanómetros (milmillonésimas de metro) y estará llegando a su límite. Sin embargo, varias estrategias, como el diseño de chips tridimensionales y el uso de materiales exóticos basados en el carbono, permitirán que este progreso continúe.^{3**}

Figura 3.2. La Ley de Moore como una escalada de curvas en *S*.



Figura 3.2. La Ley de Moore como una escalada de curvas en *S*.



Aunque el avance en la capacidad del *hardware* de las computadoras se estancara, habría toda una serie de vías por las que podría continuar el progreso. La tecnología de la información existe en la intersección de dos realidades diferentes. La Ley de Moore ha dominado el ámbito de los átomos, donde la innovación se centra en crear dispositivos

cada vez más rápidos y en disipar o eliminar el calor que generan. En cambio, el ámbito de los bits es un espacio totalmente abstracto donde los algoritmos, la arquitectura (el diseño conceptual de los sistemas informáticos) y las matemáticas aplicadas marcan el ritmo del progreso. En algunas áreas, los algoritmos ya han avanzado a un ritmo mucho mayor que el *hardware*. En un análisis reciente, Martin Grötschel, del Instituto Zuse en Berlín, descubrió que usando las computadoras y el *software* que existían en 1982 habría tardado 82 años en resolver un problema especialmente complejo de la organización de la producción. En 2003, el mismo problema se resolvió en un minuto, una rapidez 43 millones de veces mayor. El *hardware* informático llegó a ser unas mil veces más rápido durante el mismo periodo, lo que significa que el rendimiento

de los algoritmos empleados fue 43 000 veces mayor.⁴

No todo el *software* ha mejorado con tanta rapidez, sobre todo en áreas donde debe interactuar directamente con la gente. En una entrevista con James Fallows, de *The Atlantic*, en agosto de 2013, el informático que había supervisado el desarrollo de Excel y Word para Microsoft, Charles Simonyi, dijo que el *software* en general no había aprovechado los avances que se habían dado en el *hardware*. Cuando se le preguntó qué era lo que más podía mejorar en el futuro, Simonyi dijo: «La respuesta más sencilla es que ya no haya nadie que haga tareas rutinarias o repetitivas».⁵

Las mejoras en la interconexión de grandes cantidades de procesadores baratos en gigantesco sistemas de procesamiento en paralelo también

ofrece un gran potencial. Si reelaboramos la tecnología de los dispositivos de *hardware* actuales y los convertimos en diseños teóricos completamente nuevos, se podrían producir grandes avances en la potencia informática. Una prueba clara de que un diseño arquitectónico muy complejo basado en complejas interconexiones es capaz de un procesamiento asombroso, es el cerebro humano, la computadora de uso general más potente que existe. Al crear el cerebro, la evolución no tuvo el lujo de la Ley de Moore. El *hardware* de un cerebro humano no es más rápido que el del cerebro de un ratón, y es de miles a millones de veces más lento que un circuito integrado moderno; la diferencia radica en la sofisticación de su diseño.⁶ Por cierto, lo último en capacidad informática y quizá en inteligencia

artificial se podría conquistar si algún día los investigadores logran combinar la velocidad del *hardware* de hoy con algo que se acerque al nivel de complejidad del diseño del cerebro humano. Ya se han dado pasos muy pequeños en esta dirección: en 2011, IBM lanzó un chip informático cognitivo — inspirado en el cerebro humano y al que acertadamente llamó SYNAPSE —, y desde entonces ha creado un nuevo lenguaje de programación para acompañar al *hardware*.⁷

Más allá de la aceleración implacable del *hardware*, y en muchos casos del *software*, creo que hay otras dos características que definen la tecnología de la información. La primera es que se ha convertido en una tecnología de uso general: hay muy pocos aspectos en nuestra vida cotidiana, y especialmente en la operación de todo tipo de

negocios, que no estén significativamente influenciados por la tecnología de la información o incluso que sean muy dependientes de ella. Computadoras, redes e internet están irremediamente integrados en nuestros sistemas económicos, sociales y financieros. La tecnología de la información está en todas partes y hasta es difícil imaginar la vida sin ella.

Muchos observadores han comparado la tecnología de la información con la electricidad, la otra tecnología transformadora de uso general cuyo uso se extendió en la primera mitad del siglo xx. En su libro de 2008, *The Big Switch*, Nicholas Carr argumenta de una manera muy convincente la similitud entre la tecnología de la información y un servicio público como la red eléctrica. Aunque muchas de estas comparaciones son adecuadas, la

verdad es que la electricidad impuso estándares muy altos. La electrificación tuvo un impacto que transformó las empresas, la economía en general, las instituciones sociales y las vidas individuales de una manera asombrosa y con muchísimos aspectos positivos. Sería muy difícil encontrar una sola persona en un país desarrollado como Estados Unidos que no haya mejorado su calidad de vida tras la electrificación. Es probable que el impacto transformador de la tecnología de la información sea más sutil y que para muchas personas no sea tan positivo. La razón tiene que ver con la otra gran característica de la tecnología de la información: su capacidad cognitiva.

La tecnología de la información encapsula la inteligencia en una medida que no tiene precedentes en la historia del progreso tecnológico.

Las computadoras toman decisiones y resuelven problemas. Son máquinas que «piensan» en un sentido limitado y especializado: nadie discutiría que las computadoras de hoy se acercan a algo parecido a la inteligencia del ser humano, aunque en muchas ocasiones este no sea el objetivo. Las computadoras son cada vez mejores realizando tareas especializadas, rutinarias y predecibles, y es muy probable que pronto superen a muchas de las personas que realizan esos trabajos.

En gran medida, el progreso de la economía humana se ha debido a la especialización profesional, o como diría Adam Smith, a «la división del trabajo». Una de las paradojas del progreso en la era informática es que a medida que el trabajo se hace cada vez más especializado, en muchos casos también se puede prestar más a la

automatización. Muchos expertos dirían que en términos de inteligencia «general» la mejor tecnología de hoy apenas supera la inteligencia de un insecto. Pero los insectos no son capaces de hacer aterrizar un *jet*, realizar una reservación en un restaurante o invertir en Wall Street. Las computadoras de hoy hacen todas estas cosas, y muy pronto invadirán muchas otras áreas con agresividad.

Ventaja comparativa e inteligencia artificial

Los economistas reacios a la idea de que las máquinas podrían ser responsables algún día de gran parte del desempleo, se suelen basar en una de

las teorías más importantes de la economía, la de la ventaja comparativa.⁸ Para ver cómo funciona la ventaja comparativa hablaremos de dos personajes: Jane es una mujer excepcional. Después de muchos años de formación y un historial casi incomparable en su desempeño, se le considera una de las mejores neurocirujanas a nivel mundial. Antes de empezar la carrera de medicina se inscribió en uno de los mejores institutos gastronómicos de Francia, por lo que hoy también se le considera una de las mejores cocineras *gourmet*. Tom es un tipo común. Y aunque es un excelente cocinero que ha sido reconocido en muchas ocasiones, ni siquiera se acerca a lo que Jane puede hacer en la cocina. Huelga decir que Tom no podría ni acercarse a un quirófano. Dado que Tom no puede competir con Jane como cocinero, y mucho menos como

cirujano. ¿Existe alguna posibilidad de que ellos tengan un acuerdo para que sus vidas mejoren? La ventaja comparativa dice que sí, y nos dice que Jane podría contratar a Tom como cocinero. ¿Por qué haría esto, si ella sabe cocinar mejor? La respuesta es que Jane podría tener más tiempo y energía para aquello en lo que es realmente excepcional —y con lo que gana más dinero—, la neurocirugía.

La idea básica detrás de la ventaja comparativa es que uno siempre puede encontrar un trabajo si se especializa en aquello en lo que es «menos malo» en relación con otras personas. Con ello, también se ofrece a otros la oportunidad de especializarse y ganar más dinero. En el caso de Tom, lo menos malo es cocinar. Jane es más afortunada (y mucho más rica), porque en su caso lo menos malo es algo en lo que es muy buena, y ese talento tiene un valor

muy alto en el mercado. En la historia de la economía, la ventaja comparativa ha sido el motor principal de una especialización cada vez mayor y del intercambio entre individuos y naciones.

Cambiamos la historia: imaginemos que Jane tiene la posibilidad de clonarse de una manera fácil y económica. Si nos gustan las películas de ciencia ficción recordaremos la película *Matrix Reloaded*, donde Neo pelea contra decenas de copias del agente Smith. En esa lucha concreta Neo acaba triunfando, pero está claro que Tom no será tan afortunado si su intención es seguir trabajando para Jane. La ventaja comparativa funciona debido al llamado *costo de oportunidad*: si una persona elige hacer una cosa, necesariamente pierde la oportunidad de hacer otra. El tiempo y el espacio son limitados, y Jane no podría estar en dos lugares

y hacer dos cosas a la vez.

Las máquinas, y especialmente las aplicaciones de *software*, se pueden reproducir con facilidad. En muchos casos se pueden clonar con un costo bajo en comparación con el de emplear a una persona. Cuando la inteligencia se pueda reproducir, el concepto de costo de oportunidad cambiará por completo porque Jane podrá operar a alguien y cocinar al mismo tiempo. De ser así, ¿para qué necesitaría a Tom? También es muy probable que los clones de Jane empezarán a sustituir a neurocirujanos menos dotados que ella. En la era de las máquinas inteligentes, la ventaja comparativa se deberá replantear.

Imaginemos el impacto de una gran empresa que pudiera formar a un solo empleado y después clonarlo para crear un ejército de trabajadores con

la misma experiencia y los mismos conocimientos y que, además, a partir de ese momento, fueran capaces de seguir aprendiendo y de adaptarse a nuevas situaciones. Cuando la inteligencia encapsulada en la tecnología de la información se reproduzca y se extienda entre las organizaciones, tendrá el potencial de redefinir fundamentalmente la relación entre personas y máquinas. Para muchos trabajadores, las computadoras dejarán de ser instrumentos para aumentar su productividad y serán sus sustitutos. Naturalmente, este resultado aumentará de una manera espectacular la productividad de muchas empresas e industrias, pero también hará que necesiten mucha menos mano de obra.

La tiranía de cola larga

La influencia de esta inteligencia artificial distribuida es más patente en la industria misma de la tecnología de la información. Internet ha engendrado empresas enormemente rentables e influyentes cuya plantilla de personal es asombrosamente pequeña. Por ejemplo, en 2012 Google generó casi 14 000 millones de dólares de beneficios y empleaba a menos de 38 000 personas.⁹ Comparemos esto con la industria automotriz: en 1979, General Motors tenía 840 000 trabajadores pero solo ganó 11 000 millones de dólares, un 20% menos que lo ganado por Google. Y este cálculo se ha hecho teniendo en cuenta la inflación.¹⁰ Ford, Chrysler y American Motors empleaban a cientos de miles de

trabajadores. Más allá de esos empleos directos, la industria automotriz también creó millones de empleos indirectos típicos de la clase media para conductores, mecánicos o agentes de seguros o de alquiler de automóviles.

Naturalmente, el sector de internet también ofrece oportunidades periféricas. Se suele decir que la nueva economía informática fomenta la igualdad porque, después de todo, cualquiera puede escribir un blog e insertar publicidad en él, publicar un libro electrónico, vender cosas en eBay o desarrollar aplicaciones para el iPhone. Pero aunque estas oportunidades existen, son totalmente diferentes de los trabajos de clase media generados por la industria automotriz en los años ochenta. Las pruebas indican claramente que los ingresos generados por actividades en línea casi siempre

siguen una distribución en la que el ganador se queda con todo. Aunque, en teoría, internet iguala las oportunidades y no presenta barreras de acceso, los resultados que produce casi siempre son muy desiguales.

Si hacemos una gráfica del tráfico que llega a las páginas web, de los beneficios de los anuncios en línea, de las descargas de música de iTunes, de los libros vendidos por Amazon, de las aplicaciones descargadas de las tiendas AppStore o Google Play, o de casi cualquier otra actividad en internet, casi siempre terminaremos con algo parecido a la figura 3.3. Esta distribución de cola larga es fundamental en los modelos de negocio de las empresas que dominan el sector de internet. Empresas como Google, eBay o Amazon son capaces de generar ingresos desde cualquier punto de la distribución.

Si una empresa controla un mercado grande, sumar cantidades incluso muy pequeñas a lo largo de toda la curva se traduce en unos ingresos totales que pueden llegar fácilmente a miles de millones de dólares.

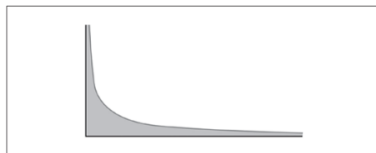
Los mercados de bienes y servicios que se prestan a la digitalización, evolucionarán inevitablemente hacia esta distribución en la que el ganador se queda con todo. Por ejemplo, las ventas de libros y música, los anuncios clasificados o el alquiler de películas cada vez están más acaparados por un pequeño número de centros de distribución en línea, y una consecuencia muy clara ha sido la eliminación de muchos puestos de trabajo para periodistas o dependientes de tienda, por citar solo dos ejemplos.

Una distribución de cola larga es fantástica si

uno es el propietario. Sin embargo, cuando se ocupa un solo punto en la distribución, las cosas cambian. Al final de la cola larga, los ingresos de la mayoría de las actividades en línea disminuyen con rapidez y se quedan en unas cuantas monedas. Puede que no haya ningún problema si uno tiene otra fuente de ingresos o vive en el sótano de la casa de sus padres. El problema es que, a medida que la tecnología digital siga transformando industrias, más y más puestos de trabajo que son una fuente principal de ingresos van a desaparecer.



Figura 3.3. Distribución de cola larga. El ganador se lleva todo.



Cuanta más gente pierda las fuentes de ingresos fijos que les permiten pertenecer a la clase media, más tenderán a buscar oportunidades de cola larga en la economía digital. Pero serán muy pocos los afortunados que tengan éxito: la inmensa mayoría luchará por mantener un nivel de vida que se acerque al de la clase media. Como ha señalado Jaron Lanier, un visionario de la tecnología, es probable que muchas personas se vean obligadas a

trabajar en la economía sumergida.¹¹ Los jóvenes adultos que encuentran atractiva la libertad de la economía subterránea descubrirán sus inconvenientes cuando empiecen a pensar en formar un hogar, en tener hijos o en jubilarse. Naturalmente, en Estados Unidos y en otras economías desarrolladas siempre ha habido gente con un estilo de vida marginal que, hasta cierto punto, se aprovechaba de la riqueza generada por la clase media. La presencia de una clase media sólida es uno de los principales factores que diferencian una nación avanzada de otra empobrecida, y su erosión en Estados Unidos es cada vez más patente.

Seguramente, la mayoría de los *tecnooptimistas* no estarían de acuerdo con este planteamiento, porque ven la tecnología de la información como un factor de empoderamiento universal. Quizá no



sea coincidencia que también tienden a tener mucho éxito en la nueva economía. Los tecnooptimistas suelen hallarse en el extremo izquierdo de una cola larga, o mejor aún, han fundado una empresa que posee toda la distribución. En un programa especial de la cadena de televisión pública PBS emitido en 2012, se preguntó al inventor y futurista Ray Kurzweil por la posibilidad de una *brecha digital* en el sentido de que solo un pequeño porcentaje de la población será capaz de prosperar en esta nueva economía de la información. Kurzweil rechazó esta posibilidad y señaló la capacidad de empoderamiento que ofrecen tecnologías como la telefonía móvil. «Cualquiera que tenga un *smartphone* —dijo—, lleva encima una capacidad que hace 20 o 30 años costaba miles de millones de dólares.»¹² Lo que no

dijo es cómo puede usar una persona normal esta tecnología para obtener unos ingresos con los que pueda vivir.

Está claro que los teléfonos celulares han mejorado la calidad de vida, pero esto ha ocurrido, sobre todo, en países en desarrollo que carecen de otras infraestructuras de comunicación. Sin duda, la anécdota más conocida y celebrada en este sentido es la de los pescadores de sardinas de Kerala, una región en la costa suroeste de la India. En 2007, el economista Robert Jensen publicó un estudio donde relataba que la telefonía móvil había permitido a los pescadores determinar cuáles eran los pueblos con mejor mercado para sus productos.¹³ Antes de la aparición de esta tecnología inalámbrica, elegir un pueblo concreto se basaba en supuestos que no solían coincidir con

la oferta y la demanda. Sin embargo, con los nuevos teléfonos, los pescadores podían saber dónde había compradores, y el resultado fue un mercado mejor, con precios más estables y menos pérdidas.

Para los tecnooptimistas, los pescadores de sardinas de Kerala se han convertido en una especie de abanderados de los países en desarrollo, y su historia ha aparecido en muchos libros y artículos de revistas.¹⁴ Es indudable que los teléfonos celulares han sido valiosos para estos pescadores del Tercer Mundo, pero hay pocas pruebas que indiquen que un ciudadano común y corriente de un país desarrollado —o incluso de un país pobre— pueda obtener unos ingresos respetables con un teléfono celular. Hasta a los buenos desarrolladores de *software* les parece difícil obtener ingresos de sus

programas para celulares, y el motivo, no hace falta decirlo, es la omnipresente distribución de cola larga. Si visitamos cualquier foro en línea donde participen programadores de Android o iOS, hallaremos muchos comentarios lamentando la naturaleza «el ganador se queda con todo» de estos ecosistemas y las dificultades para obtener ingresos de las aplicaciones. Desde un punto de vista práctico, a la mayoría de las personas de clase media que pierden su trabajo, el acceso a un teléfono celular puede ofrecerles poco más que jugar a Angry Birds mientras esperan en la cola de la oficina de empleo.

Una cuestión moral

Si volvemos a pensar en aquel centavo que se iba duplicando para representar el avance exponencial de la tecnología digital, está claro que el inmenso saldo de la cuenta tecnológica actual se debe a décadas de esfuerzo de incontables organizaciones y personas. En efecto, el inicio de este progreso se remonta por lo menos a principios del siglo XVII, con la máquina diferencial de Charles Babbage.

Aunque las innovaciones que han dado lugar a la fantástica influencia y riqueza de la economía de la información de hoy son fundamentales, su importancia no se puede comparar con el trabajo pionero de Alan Turing o John von Neumann. La diferencia es que hasta los avances más graduales de hoy aprovechan ese saldo extraordinario. En cierto sentido, los innovadores que triunfan en la actualidad se parecen un poco al corredor de la

Maratón de Boston que en 1980 se coló en la carrera un kilómetro antes de la línea de meta.

Naturalmente, todos los innovadores se han apoyado en quienes los han precedido. Unos de los mejores ejemplos es la introducción del Modelo T por Henry Ford. Pero, como hemos visto, la tecnología de la información es totalmente diferente. La capacidad sin parangón de la tecnología de la información para introducir máquinas inteligentes en todos los niveles de las organizaciones y sustituir a los trabajadores, y su tendencia a crear escenarios de «el ganador se queda con todo», tendrán inmensas consecuencias para la sociedad y la economía.

En algún momento deberemos plantearnos una cuestión moral fundamental: ¿debería la población en general tener acceso a ese saldo tecnológico

acumulado? Está claro que el gran público se ha beneficiado mucho de los avances de la tecnología digital desde el punto de vista de la reducción de los precios, la utilidad y la libertad de acceso a la información y el entretenimiento. Pero eso nos devuelve al problema del argumento de Kurzweil sobre los teléfonos celulares: con ellos no se paga la renta mensualmente.

También deberíamos tener presente que gran parte de la investigación básica que permitió el progreso en el sector de la tecnología de la información fue sufragada por los contribuyentes estadounidenses. La Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés) creó y patrocinó la red informática que evolucionó hasta lo que hoy es internet.*** La Ley de Moore se debe, en parte, a investigaciones

realizadas en universidades con ayuda de la Fundación Nacional de la Ciencia. La Asociación de la Industria de Semiconductores, que es el brazo político de este sector, es un lobby muy activo que pide más fondos públicos para la investigación. En cierta medida, la tecnología informática de hoy existe porque, en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, millones de contribuyentes de clase media sufragaron la inversión pública en aquella investigación básica. Con toda seguridad, aquellos contribuyentes prestaron su apoyo esperando que los frutos de esa investigación crearan un futuro más próspero para sus hijos y nietos. Pero las tendencias que vimos al final del último capítulo indican que vamos hacia un resultado muy distinto.

Más allá de la cuestión moral básica de si una

pequeña élite debería beneficiarse del capital tecnológico acumulado por la sociedad, también hay cuestiones prácticas relativas a la salud general de una economía donde la desigualdad de las rentas llega a ser extrema. La continuidad del progreso depende de que exista un mercado vivo para las innovaciones futuras, y eso exige que exista una distribución razonable del poder adquisitivo.

En capítulos posteriores veremos con más detalle algunas consecuencias sociales y económicas de carácter general del progreso implacable de la tecnología digital. Pero antes veremos que estas innovaciones amenazan cada vez más puestos de trabajo muy calificados que hoy ocupan personas con formación académica o profesional.

Notas:

* El Concorde supersónico, por ejemplo, ofreció una nueva curva en S en términos de rendimiento, pero no fue una opción tecnológica viable económicamente y nunca pudo captar más que a una porción muy pequeña del mercado de la aviación comercial. El Concorde estuvo en servicio de 1976 a 2003.

** La idea detrás del chip en 3D es empezar a apilar circuitos verticalmente en múltiples capas. En agosto de 2013, Samsung Electronics empezó a manufacturar chips de memorias flash 3D; si esta técnica llega a ser económicamente viable para los procesadores mucho más sofisticados diseñados por empresas como Intel o ADM (Advanced Micro Devices), podría representar el futuro de la Ley de Moore. Otra posibilidad es que se pase del silicio a materiales exóticos basados en el carbono. Los nanotubos de grafeno y carbono, resultado de recientes investigaciones en nanotecnología, pueden ofrecer un medio nuevo para la informática de muy alto rendimiento. Investigadores de la Universidad de Stanford ya han

creado una computadora rudimentaria basada en nanotubos de carbono, aunque su rendimiento está muy por debajo de los procesadores comerciales hechos con silicio.

*** DARPA también aportó el respaldo financiero inicial para el desarrollo de Siri (actualmente la tecnología del asistente virtual de Apple) y ha suscrito el desarrollo de los nuevos chips de computación cognitiva de SYNAPSE, de IBM.

1 Robert J. Gordon, «¿Ya ha terminado el crecimiento económico de Estados Unidos? La dubitativa innovación confronta seis desventajas», Oficina Nacional de Investigación Económica, artículo 18315, publicado en agosto de 2012, <<http://www.nber.org/papers/w18315>>, véase también <<http://facultyweb.at.northwestern.edu/economics/gordon/is%20us%20economic%20growth%20over.pdf>>.

2 Para una explicación más detallada sobre la fabricación en curva en S de los semiconductores, véase Murrae J. Bowden «La ley de Moore y la curva en S en la tecnología», *Current Issues in Technology Management*, Instituto Stevens en Tecnología, invierno de 2004, <https://www.stevens.edu/howe/si/tes/default/files/bowden_0.pdf>.

3 Véase, por ejemplo, Michel Kanellos, «Con los chips en 3D, Samsung deja la Ley de Moore atrás», *Forbes.com*, 14 de agosto de 2013; <<http://www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2013/08/14/with-3d-chips-samsung-leavesmoore-law-behind/>>; John Markoff, «Investigadores construyen una computadora con nanotubos de carbono», *The New York Times*, 25 de septiembre de 2013, <http://www.nytimes.com/2013/09/26/science/researchers-build-a-working-carbon-nanotube-computer.html?ref=johnmarkoff&_r=0>.

4 Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología del presidente, «Informe al presidente y al Congreso: el diseño de un futuro digital: Fondo Federal de Investigación y Desarrollo de Redes y Tecnología de la Información», diciembre de 2010, p. 71, <<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-nitrd-report-2010.pdf>>.

5 James Fallows, «¿Por qué el software es tan lento?», *The Atlantic*, 14 de agosto de 2013, <<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/09/why-is-software-so-slow/309422/>>.

6 El escritor de ciencia Joy Casad calcula que la velocidad a la que las

neuronas transmiten señales es alrededor de medio milisegundo. Esto es muy lento en comparación con lo que sucede con los chips de computadora. Véase Joy Cassad «¿Cuán rápido es un pensamiento?», *Examiner.com*, 20 de agosto de 2009, <<http://www.examiner.com/article/how-fast-is-a-thought>>.

7 Comunicado de prensa, «Investigadores de IBM crean nuevas bases para el programa chips de SyNAPSE» 8 de agosto de 2013, <http://finance.yahoo.com/news/ibm-research-creates-foundation-program-040100103.html>.

8 Véase, por ejemplo, «El despertar de las máquinas», *The Economist*, Free Exchange Blog, 20 de octubre de 2010, <http://www.economist.com/blogs/freexchange/2010/10/technology>.

9 Página web de Google de relaciones con sus inversionistas; <http://investor.google.com/financial/tables.html>.

10 Los datos históricos de General Motors pueden encontrarse en http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune500_archive/snapshots/1979/563.html. General Motors ganó 3 500 millones de dólares en 1979, que equivalen a 11 000 millones de dólares de 2012.

11 Scott Timberg; «Jaron Lanier: internet destruyó a la clase media», *Salon.com*, 12 de mayo de 2013, http://www.salon.com/2013/05/12/jaron_lanier_the_internet_destroyed_the_middle_class/.

12 El video puede ser visto en: https://www.youtube.com/watch?v=wb2cL_gJUok, o al buscar en YouTube «Man vs. Machine: Will Human Workers Become Obsolete?», Los comentarios de Kurzweil se encuentran en el minuto 05:40.

13 Robert Jensen, «La tecnología digital proporciona información (tecnología) del funcionamiento del mercado y bienestar social en el sector pesquero del sur de India», *Quarterly Journal of Economics*, 122, núm. 3, 2007, pp. 879-924.

14 Algunas de las publicaciones en que ha sido contada la historia de los pescadores de sardinas de Kerala son: *The Rational Optimist* por Matt Ridley; *A History of the World in 100 Objects* por Neil MacGregor; *The Mobile Wave* por Michael Saylor; *Race Against the Machine* por Erik Brynjólfsson y Andrew McAfee; *Content Nation* por John Blossom; *Planet India* por Mira Kamdar; y «Por el precio del pescado», *The Economist*, 10

de mayo de 2007. Y ahora este libro se une al listado.

