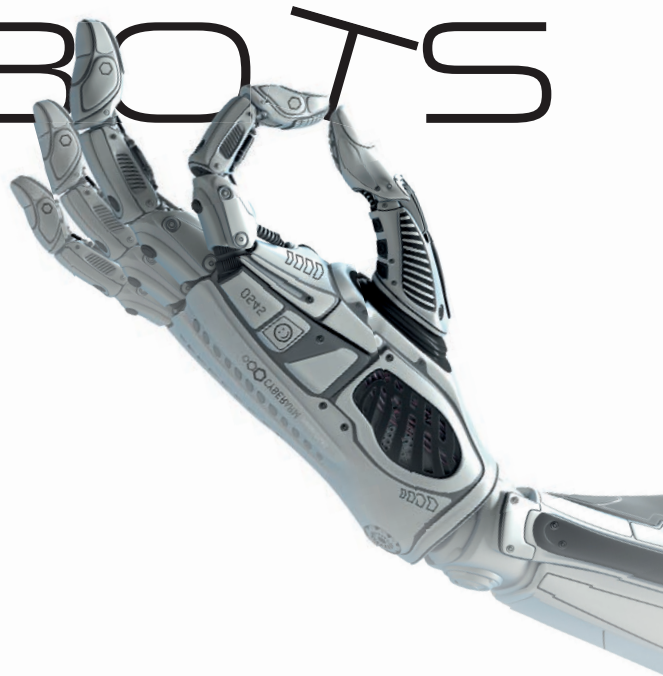


MARTIN FORD

# EL AUGE DE LOS ROBOTS

LA TECNOLOGÍA  
Y LA AMENAZA  
DE UN FUTURO  
SIN EMPLEO



PAIDÓS

MARTIN FORD

# EL AUGE DE LOS ROBOTS

---

*La tecnología y la amenaza  
de un futuro sin empleo*

Título original: *Rise of the Robots*, de Martin Ford  
Publicado originalmente en inglés, en Estados Unidos, por Basic Books,  
miembro de Perseus Books Group

Traducción de Andrea Gálvez de Aguinaga y Víctor Manuel Cuchí Espada

Diseño de la cubierta: Departamento de Arte y Diseño, Área Editorial del Grupo Planeta  
Imagen de la cubierta: © Willyam Bradberry - Shutterstock

*1ª edición en España, junio, 2016*

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 éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal). Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

© 2015 by Martin Ford

All rights reserved

© 2016 de la traducción, Andrea Gálvez de Aguinaga y Víctor Manuel Cuchí Espada

© 2016 de esta edición,

Espasa Libros, S. L. U.,

Avda. Diagonal, 662-664. 08034 Barcelona, España

Paidós es un sello editorial de Espasa Libros, S. L. U.

[www.paidos.com](http://www.paidos.com)

[www.planetadelibros.com](http://www.planetadelibros.com)

ISBN: 978-84-493-3230-2

Depósito legal: B. 10.125-2016

Impreso en Limpergraf, S. L.

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como papel ecológico

Impreso en España – *Printed in Spain*

# Sumario

Introducción .....	11
1. La oleada de la automatización .....	19
2. ¿Será diferente esta vez? .....	41
3. Tecnología de la información: una fuerza disruptiva sin precedentes .....	69
4. Los puestos de trabajo «de cuello blanco» están en riesgo ..	85
5. La transformación de la educación superior .....	125
6. El reto de la asistencia sanitaria .....	141
7. Tecnologías e industrias del futuro .....	169
8. Consumidores, límites de crecimiento... y ¿crisis? .....	185
9. La superinteligencia y la Singularidad .....	215
10. Hacia un nuevo paradigma económico .....	233
Conclusión .....	261
Agradecimientos .....	265
Notas .....	267

# CAPÍTULO 1

---

## La oleada de la automatización

Un trabajador de un almacén se acerca a una pila de cajas de varios tamaños, formas y colores que están amontonadas sin ningún orden.

Por un momento, imaginemos que podemos ver dentro del cerebro de ese trabajador y consideremos la complejidad del problema que debe resolver.

Muchas son cajas normales de color marrón y están muy juntas entre sí, por lo que la separación entre ellas apenas se distingue. ¿Dónde termina una caja y empieza la otra? Algunas están separadas y desalineadas, y otras están giradas y solo se ve una esquina. Encima del montón hay una caja pequeña mal colocada en el espacio que hay entre dos cajas más grandes. Aunque la mayoría de las cajas son de cartón marrón o blanco y no llevan etiquetas, hay otras con logos de alguna empresa y otras de colores con productos destinados directamente a las tiendas.

El cerebro humano es capaz de interpretar esta compleja información visual de una forma casi instantánea. El trabajador percibe sin problemas las dimensiones y la orientación de cada caja y parece saber instintivamente que debe empezar a moverlas desde arriba, siguiendo un orden concreto para que la pila no se venga abajo.

Este es exactamente el reto de percepción visual que ha afrontado el cerebro humano para evolucionar. Que el trabajador logre mover las cajas no tendría ninguna importancia si no fuera porque, en este caso, ese trabajador es un robot. Concretando más, es un brazo robótico en forma de serpiente cuya cabeza consiste en una tenaza de sujeción que funciona por succión. El robot tarda más en captar el problema que un ser humano. Mira fijamente las cajas, ajusta su mirada un poco, se lo piensa un poco más y, finalmente, avanza y toma una caja de encima del

montón.\* Con todo, su lentitud se debe al cálculo asombrosamente complejo que exige llevar a cabo esta tarea. Si hay algo que la historia de la tecnología nos ha enseñado es que, muy pronto, este robot funcionará a mucha más velocidad.

De hecho, los ingenieros de Industrial Perception, una nueva empresa de Silicon Valley que ha diseñado y construido el robot, creen que la máquina podrá mover una caja por segundo. Comparemos esto con la capacidad máxima de un trabajador humano, que puede mover aproximadamente una caja cada seis segundos.<sup>1</sup> Huelga decir que el robot puede trabajar continuamente sin cansarse ni sufrir lesiones en la espalda, y que nunca pedirá una indemnización.

El robot de Industrial Perception es extraordinario porque su capacidad aúna la percepción visual, el cálculo espacial y la destreza. En otras palabras, se halla en la última frontera de la automatización y competirá por los pocos trabajos manuales rutinarios que aún desempeñan personas.

En las fábricas, los robots no son nada nuevo. Se han hecho indispensables en casi todos los sectores, desde la fabricación de automóviles a la de semiconductores. La nueva planta que la empresa de coches eléctricos Tesla tiene en Fremont, California, utiliza 160 robots industriales muy adaptables para el montaje de cerca de 400 automóviles a la semana. Cuando llega un chasis nuevo a la cadena de montaje, diversos robots descienden sobre él y actúan de una manera coordinada. Las máquinas pueden cambiar por sí solas las herramientas de sus brazos robóticos y realizar una variedad de tareas. Por ejemplo, el mismo robot que instala los asientos cambia de herramientas y coloca el parabrisas.<sup>2</sup> De acuerdo con la Federación Internacional de Robots, entre 2000 y 2012 la demanda mundial de robots industriales creció en más del 60%, con unas ventas totales que ascendieron a cerca de 28.000 millones de dólares en 2012. El mercado de mayor crecimiento es, sobre todo, China, donde las instalaciones robóticas han crecido cerca de un 25% anual entre 2005 y 2012.<sup>3</sup>

Aunque los robots industriales ofrecen una combinación inigualable de velocidad, precisión y fuerza bruta, en gran medida son actores ciegos que siguen una coreografía basada en unos movimientos extremadamente precisos en el tiempo y en el espacio. Los pocos robots que tienen capacidad de visión solo pueden ver en dos dimensiones y en

\* Un vídeo del movimiento de cajas robótico en Industrial Perception se puede ver en: <<https://www.youtube.com/watch?v=LlsN7kXDjCU>>.

condiciones de iluminación controlada. Por ejemplo, pueden seleccionar piezas en una superficie plana pero no pueden percibir la profundidad del campo visual, algo que no los hace aptos para entornos que no sean predecibles. La consecuencia es que muchas tareas rutinarias de las fábricas aún están a cargo de personas. Estos trabajos suelen estar intercalados entre los que realizan las máquinas o en los pasos finales del proceso de producción. Un ejemplo sería elegir piezas de un contenedor para pasarlas a la máquina siguiente, o cargar y descargar los camiones que entran y salen de la fábrica.

La tecnología que permite a los robots de Industrial Perception ver en tres dimensiones nos brinda un ejemplo de la forma en que el intercambio de información puede dar lugar a innovaciones en áreas inesperadas. Se podría decir que la visión de los robots se remonta a noviembre de 2006, cuando Nintendo introdujo la consola para videojuegos Wii. Esta consola incorporaba una nueva clase de dispositivo controlador, un mando inalámbrico con un acelerómetro capaz de detectar el movimiento en tres dimensiones y transmitir una serie de datos que podían ser interpretados por la consola. Los videojuegos se podían controlar con movimientos corporales y gestos, lo que supuso un cambio drástico en la experiencia de juego. La innovación de Nintendo acabó con el estereotipo de los *nerds* pegados a monitores y palancas de mando, y abrió las puertas a los videojuegos basados en el ejercicio activo.

También exigió una respuesta competitiva de las otras grandes empresas del sector. Sony, creadora de la consola PlayStation, decidió copiar la idea de Nintendo e introdujo su propio mando que detectaba movimientos. En cambio, Microsoft se propuso superar a Nintendo e inventar algo totalmente nuevo: el dispositivo Kinect para la videoconsola Xbox 360 elimina por completo la necesidad de un mando. Este dispositivo es como una cámara web con visión tridimensional y está basado en la tecnología para el tratamiento de imágenes creada por una pequeña empresa israelí llamada PrimeSense. El Kinect puede ver en tres dimensiones usando lo que en esencia es un sonar que funciona a la velocidad de la luz: dispara un rayo infrarrojo a las personas y los objetos de una habitación y calcula la distancia midiendo el tiempo que tarda la luz reflejada para llegar a un sensor de infrarrojos. Con él, los jugadores pueden interactuar con la consola Xbox gesticulando y moviéndose dentro del campo visual de la cámara.

Lo verdaderamente revolucionario de Kinect era su precio. Por 150 dólares se podía adquirir un dispositivo compacto y ligero con una tecnología de visión muy compleja que antes exigía un equipo voluminoso

y podía costar centenares de miles de dólares. Los investigadores en el campo de la robótica supieron ver inmediatamente el enorme potencial de la tecnología de Kinect. En pocas semanas, varios equipos universitarios de investigación en ingeniería y muchos innovadores independientes habían copiado la tecnología de Kinect y habían subido a YouTube vídeos de robots que podían ver en tres dimensiones.<sup>4</sup> Por otro lado, Industrial Perception también decidió basar su sistema de visión en la tecnología de Kinect, y el resultado es una máquina de bajo coste que se acerca rápidamente a un nivel casi humano en su capacidad de percibir el entorno, interactuar con él y afrontar la clase de incertidumbre que caracteriza al mundo real.

#### UN TRABAJADOR ROBÓTICO VERSÁTIL

El robot de Industrial Perception es una máquina especializada en mover cajas con la máxima eficacia. La empresa Rethink Robotics, radicada en Boston, ha tomado un rumbo distinto con *Baxter*, un robot humanoide muy ligero que se puede adiestrar fácilmente para que realice una variedad de tareas repetitivas. Rethink fue fundada por Rodney Brooks, uno de los investigadores en robótica más importantes del MIT y cofundador de iRobot, la empresa que fabrica los robots aspiradores Roomba y los robots militares usados para desactivar bombas en Iraq y Afganistán. *Baxter*, que cuesta mucho menos de lo que gana en un año un trabajador de una fábrica, en esencia es un robot industrial a pequeña escala pensado para actuar sin ningún peligro en la proximidad de personas.

En contraste con los robots industriales, que exigen una programación compleja y costosa, *Baxter* se puede adiestrar con solo mover sus brazos de la manera deseada. Si en un lugar trabajan varios robots *Baxter*, basta con adiestrar a uno de ellos, y su aprendizaje se puede transferir a otros robots mediante un dispositivo USB. *Baxter* puede realizar una variedad de actividades como tareas de montaje sencillas, trasladar piezas entre cintas transportadoras, empaquetar productos destinados a la venta u ocuparse de máquinas usadas en la fabricación de metales. *Baxter* es especialmente hábil empaquetando productos acabados en sus cajas. K'NEX, una empresa de juegos de construcción ubicada en Hatfield, Pensilvania, descubrió que la capacidad de *Baxter* para empaquetar sus productos le permitía ahorrar entre un 20 y un 40% de cajas.<sup>5</sup> El robot de Rethink también está dotado de visión bidimensional median-



te unas cámaras situadas en las muñecas, y puede tomar piezas e incluso realizar inspecciones básicas de control de calidad.

### LA INMINENTE EXPLOSIÓN DE LA ROBÓTICA

Aunque *Baxter* y el robot que mueve cajas de Industrial Perception son máquinas totalmente distintas, los dos se basan en la misma plataforma de *software*: el Sistema Operativo para Robots (ROS, por sus siglas en inglés), creado inicialmente en el laboratorio de inteligencia artificial de la Universidad de Stanford y luego convertido en una plataforma robótica completa por Willow Garage, Inc., una pequeña empresa que diseña y fabrica robots programables que utilizan principalmente los investigadores de universidades. ROS es similar a otros sistemas operativos como Windows de Microsoft, OS X de Apple y Android de Google, pero fue concebido específicamente para construir robots fáciles de programar y controlar. Ya que ROS es gratuito y de código abierto —lo que significa que cualquier desarrollador de *software* puede modificar el sistema y mejorarlo—, se está convirtiendo rápidamente en la plataforma estándar para el desarrollo de la robótica.

La historia de la informática ha dejado claro que si a un sistema operativo estándar le unimos unos medios de programación económicos y fáciles de usar, se produce una explosión de *software* como hemos visto en los programas para ordenadores personales y, más recientemente, en las aplicaciones para iPhone, iPad y Android. De hecho, estas plataformas se encuentran hoy tan saturadas de aplicaciones que es muy difícil concebir una idea que no haya sido llevada a la práctica.

Es muy probable que la robótica siga este mismo camino; estamos asistiendo al inicio de una oleada explosiva de innovación que producirá robots destinados a llevar a cabo casi cualquier tarea comercial e industrial. Esta expansión se deberá a la disponibilidad de *software* y *hardware* estandarizados que facilitarán la creación de diseños nuevos sin que haya necesidad de reinventar la rueda. De la misma manera que Kinect ofreció una visión artificial de bajo coste, otros componentes de *hardware* —como los brazos robóticos— disminuirán sus costes de producción a medida que esta aumente. En 2013, ya había miles de componentes de *software* para ser utilizados con ROS, y las plataformas de desarrollo eran lo bastante baratas para que cualquiera pudiera diseñar aplicaciones nuevas para robots. Por ejemplo, Willow Garage comercializa un kit completo para robots móviles llamado TurtleBot que cuenta

con el mismo sistema de visión de Kinect y cuesta unos 1.200 dólares. Teniendo en cuenta la inflación, cuesta mucho menos de lo que costaba un ordenador con monitor a principios de los noventa, cuando apenas empezaba la explosión de programas para Windows.

En octubre de 2013 visité la exposición RoboBusiness de Santa Clara, California, y me quedó claro que la industria robótica ya se estaba preparando para una explosión inminente. Empresas de todos los tamaños presentaban robots capaces de realizar tareas de alta precisión, transportar suministros médicos entre departamentos de grandes hospitales u operar de manera autónoma maquinaria pesada agrícola y minera. Había un robot personal llamado *Budgee* capaz de trasladar hasta 23 kilos de peso por el interior de una casa o una tienda. Había varios robots educativos dedicados a casi todo, desde alentar la creatividad técnica hasta ayudar a niños con autismo o con problemas de aprendizaje. En el stand de Rethink Robotik, *Baxter* había sido adiestrado para el día de Halloween, y tomaba pequeñas cajas de dulces que después depositaba en cestas con forma de calabaza. También había empresas que vendían componentes electrónicos como motores, sensores, sistemas de visión y controladores electrónicos, o *software* especializado para construir robots. Grabit, una empresa de Silicon Valley, presentó una tenaza de sujeción electroadhesiva que permite que un robot tome, transporte y deposite casi cualquier cosa utilizando una carga electrostática controlada. Para redondearlo todo, un bufete jurídico internacional especializado en robótica ayudaba a los empresarios a entender las complejidades de las normas relativas al trabajo, el empleo y la seguridad cuando se introducen robots para que sustituyan a personas o trabajen con ellas.

Una de las innovaciones más destacadas de la feria se encontraba en los pasillos, donde los asistentes humanos se mezclaban con docenas de robots de presencia remota proporcionados por la empresa Suitable Technologies. Estos robots, consistentes en una pantalla plana y una cámara montada en una base móvil, permitían que personas que no se hallaban en la feria visitaran stands, vieran demostraciones, hicieran preguntas o interactuaran con otros asistentes. Suitable Technologies ofrecía esta presencia remota por un precio mínimo, y permitía visitar la feria a personas que no se hallaran en San Francisco, ahorrándoles miles de dólares en viajes. Al cabo de muy poco tiempo, los robots —que mostraban una cara humana en la pantalla— ya no parecían desentonar al deambular por los pasillos y conversar con otros asistentes.

## LOS EMPLEOS EN LA MANUFACTURACIÓN Y LA DESLOCALIZACIÓN DE LAS FÁBRICAS

En un artículo publicado en *The New York Times* en septiembre de 2013, Stephanie Clifford contaba la historia de Parkdale Mills, una fábrica textil de Gaffney, Carolina del Sur. En la fábrica trabajan cerca de 140 personas. En 1980, el mismo nivel de producción habría exigido más de 2.000 trabajadores. En la fábrica, «las personas intervienen muy poco en el proceso automatizado, y si lo hacen es porque algunas tareas, como mover hilados a medio terminar de una máquina a otra en carretillas elevadoras, salen más baratas si se hacen a mano». <sup>6</sup> Los hilados terminados se transportan automáticamente por unos rieles que hay en el techo a las máquinas que empaquetan y envían los pedidos.

A pesar de todo, esos 140 empleos representan al menos una inversión parcial de la caída que lleva décadas sufriendo el empleo fabril. La industria textil estadounidense fue diezmada en los años noventa cuando la producción se trasladó a países con salarios más bajos, sobre todo China, la India y México. Entre 1990 y 2012 se perdieron en este sector cerca de 1,2 millones de puestos de trabajo, más de tres cuartas partes de los que había. Sin embargo, en los últimos años la producción ha repuntado de una manera espectacular. Entre 2009 y 2012, las exportaciones de ropa y tejidos de Estados Unidos crecieron más del 37% hasta totalizar casi 23.000 millones de dólares. <sup>7</sup> Este cambio se ha debido a una automatización tan eficiente que permite competir hasta con los salarios más bajos del mundo.

En el sector manufacturero de Estados Unidos y otros países desarrollados, la introducción de estas sofisticadas innovaciones que ahorran mano de obra ha incidido en el empleo de varias maneras. Mientras que fábricas como Parkdale no generan directamente muchos puestos de trabajo, sí que dan lugar a la creación de empleo entre los proveedores y en áreas periféricas como la conducción de camiones para el transporte de materias primas y productos acabados. Aunque es indudable que robots como *Baxter* pueden sustituir a trabajadores que realizan actividades rutinarias, también ayudan a que la manufacturación estadounidense sea más competitiva frente a países con salarios bajos. De hecho, hoy se está dando una tendencia importante a la «relocalización» a causa de las nuevas tecnologías y de los costes crecientes de la mano de obra en países como China, donde el salario de un trabajador fabril típico ha crecido un 20% anual entre 2005 y 2010. En abril de 2012, el Boston Consulting Group hizo una encuesta a diversos ejecutivos in-

dustriales estadounidenses y descubrió que casi la mitad de las empresas con más de 10.000 millones de dólares en ventas estaban buscando la manera de volver a trasladar sus fábricas a Estados Unidos o ya empezaban a hacerlo.<sup>8</sup>

Además de reducir drásticamente los costes de transporte, la relocalización de las fábricas ofrece muchas otras ventajas. Situar las fábricas cerca de los mercados de consumo y de los centros de diseño de productos permite a las empresas acortar los tiempos de producción y responder mejor a las demandas de sus clientes. A medida que la automatización sea más flexible y sofisticada, es probable que los fabricantes ofrezcan más productos personalizados, permitiendo, por ejemplo, que por medio de Internet, y a través de una sencilla interfaz, los consumidores puedan crear sus propios diseños o especifiquen tallas difíciles de encontrar. De este modo, la producción automatizada podrá poner un producto acabado en las manos de un cliente en cuestión de días.

Con todo, hay que hacer una importante advertencia respecto a la relocalización. El escaso número de empleos fabriles creados a causa de ella no serían necesariamente de larga duración. A medida que los robots sean cada vez más capaces y que el uso de tecnologías nuevas como la impresión 3D se vaya extendiendo, esta clase de fábricas acabarán estando totalmente automatizadas. Actualmente, los puestos de trabajo del sector manufacturero en Estados Unidos representan menos de un 10% del empleo total. Por lo tanto, la fabricación mediante robots y la relocalización de fábricas tendrán muy poco impacto en el conjunto del mercado laboral.

Las cosas serán muy distintas en países en desarrollo como China, donde el empleo está mucho más centrado en el sector manufacturero. De hecho, el avance tecnológico ha tenido un enorme impacto en los puestos de trabajo de las fábricas chinas; entre 1995 y 2002, China perdió alrededor del 15% de sus trabajadores en este sector, lo que equivale a unos 16 millones de empleos.<sup>9</sup> Hay pruebas que indican claramente que esta tendencia irá en aumento. En 2012, Foxconn, uno de los principales fabricantes de productos electrónicos, anunció un plan para introducir más de un millón de robots en sus fábricas. Hace poco, la empresa taiwanesa Delta Electronics, fabricante de adaptadores de corriente, modificó su estrategia de mercado e inició un proyecto para crear robots de bajo coste para ensamblar aparatos de precisión. Delta espera ofrecer un robot de montaje con un solo brazo por unos 10.000 dólares, menos de la mitad de lo que cuesta el robot *Baxter* de Rethink. Fabricantes europeos de robots industriales como ABB Group y Kuka

AG también invierten mucho en el mercado chino y están construyendo fábricas que producirán miles de robots al año.<sup>10</sup>

Parece que el aumento de la automatización también estará impulsado porque los tipos de interés que pagan las grandes empresas en China son artificialmente bajos como resultado de la política gubernamental. Los préstamos se prorrogan sin cesar y el capital principal nunca se paga. Esto hace que la inversión de capital sea muy atractiva aunque el coste de la mano de obra sea muy bajo, y ese es uno de los motivos de que las inversiones representen más de la mitad del PIB de China.<sup>11</sup> Muchos analistas piensan que estos costes de capital artificialmente bajos han dado lugar a muchas malas inversiones en todo el país, como la construcción de muchas ciudades fantasma que están prácticamente deshabitadas. Del mismo modo, los bajos costes de capital pueden ser un incentivo muy poderoso para que empresas muy grandes inviertan en una automatización muy costosa, incluso en casos donde no tiene mucho sentido comercial hacerlo.

Uno de los retos más importantes de la transición a un montaje robotizado en la industria electrónica china es el diseño de robots con la flexibilidad suficiente para adaptarse a unos ciclos de producción muy rápidos. Foxconn, por ejemplo, tiene instalaciones enormes con dormitorios para los trabajadores. Para cumplir con unos programas de producción muy agresivos, puede que miles de trabajadores sean llamados a media noche para ponerse a trabajar de inmediato. El resultado es una capacidad asombrosa para aumentar la producción o adaptarla a cambios en el diseño de un producto, aunque también pone a los trabajadores bajo mucha presión, como se vio con la epidemia de suicidios en las instalaciones de Foxconn en 2010. Los robots, por supuesto, tienen la capacidad de trabajar sin descanso, y como cada vez tienen más capacidades también son mucho más fáciles de adiestrar para nuevas labores; esto hace que sean una opción más atractiva que los trabajadores humanos, aunque los salarios de estos trabajadores sean bajos.

La tendencia hacia más automatización fabril en países en desarrollo no se limita a China. La producción de ropa y zapatos, por ejemplo, todavía es uno de los sectores que demanda más mano de obra en la industria manufacturera, y las fábricas se han ido trasladando de China a países con salarios aún más bajos como Vietnam e Indonesia. En junio de 2013, la firma de calzado deportivo Nike dio a conocer que los aumentos salariales en Indonesia habían impactado negativamente en sus resultados económicos trimestrales. Según su director de finanzas, la solución del problema a largo plazo sería «fabricar sin trabajadores».<sup>12</sup>

El aumento de la automatización también se considera una forma de evitar las críticas por el aspecto de talleres clandestinos que tienen muchas fábricas textiles del Tercer Mundo.

#### PUESTOS DE TRABAJO Y SECTOR DE SERVICIOS

En Estados Unidos y en otras economías desarrolladas, el mayor problema se dará en el sector de servicios, que después de todo es donde están empleados la inmensa mayoría de los trabajadores. Esta tendencia ya es muy clara en los cajeros automáticos y en los supermercados con cobro automático, y se prevé que en la próxima década la automatización del sector de servicios experimentará una expansión que muy probablemente pondrá en peligro a millones de puestos de trabajo.

Momentum Machines, Inc., una empresa de San Francisco, se ha propuesto automatizar por completo la producción de las hamburguesas de calidad *gourmet*. Mientras un trabajador de un establecimiento de comida rápida pone una hamburguesa congelada en el asador, la máquina de Momentum Machines moldea carne picada fresca, la asa sobre pedido e incluso determina el punto de cocción para conservar el jugo de la carne. La máquina, capaz de producir hasta 360 hamburguesas por hora, también tuesta el pan, corta y añade ingredientes frescos como tomates, cebollas y pepinillos, y lo coloca todo en una cinta transportadora para servir el pedido. Mientras que la mayoría de las empresas de robots procuran dar una imagen positiva de su posible impacto en el empleo, Alexandros Vardakostas, cofundador de Momentum Machines, expone sus objetivos con toda franqueza: «Nuestras máquinas no están hechas para ayudar a los empleados a ser más eficientes; están hechas para prescindir de ellos». <sup>13\*</sup> La empresa calcula que un restaurante de comida rápida gasta, en promedio, cerca de 135.000 dólares al año en los salarios de los empleados que preparan las hamburguesas, y el gasto total por este concepto en la producción de hamburguesas oscila en torno a unos 9.000 millones de dólares anuales en Estados Unidos. <sup>14</sup> Momentum Machines cree que su robot se amortizaría en menos de un año y también piensa introducirlo en puestos de comida ambu-

\* La empresa es consciente del impacto potencial que su tecnología tendrá sobre el empleo y, según su sitio web, tiene previsto ofrecer con descuento un programa de formación técnica a los trabajadores desalojados.

lantes, minisupermercados y quizá hasta en máquinas expendedoras. La empresa asegura que eliminar los gastos laborales y reducir el espacio que necesitan las cocinas, dará a los restaurantes la posibilidad de gastar más en la calidad de sus ingredientes, y les permitirá ofrecer hamburguesas *gourmet* a precios de comida rápida.

Estas hamburguesas suenan muy tentadoras, pero también tendrán un coste muy alto. Millones de personas trabajan para la industria de la comida rápida, casi siempre en empleos de media jornada con salarios bajos. McDonald's da empleo a 1,8 millones de trabajadores en 34.000 establecimientos repartidos por todo el mundo.<sup>15</sup> Históricamente, unos salarios bajos, muy pocos beneficios extralaborales y una rotación muy elevada han hecho que sea relativamente fácil encontrar empleo en la industria de la comida rápida. Los puestos de trabajo de este sector, junto con los puestos de muy poca cualificación en el comercio minorista, han actuado tradicionalmente como una red de seguridad que ha permitido obtener ingresos cuando no había mejores alternativas. En diciembre de 2013, la Dirección de Estadística Laboral de Estados Unidos afirmó que «el sector dedicado a la preparación y el servicio de alimentos» (donde no entran los camareros de los restaurantes) es uno de los que genera más empleo, y dijo también que esta tendencia continuaría hasta 2022, con casi medio millón de empleos nuevos y otro millón de puestos para sustituir a trabajadores que abandonen el sector.<sup>16</sup>

Sin embargo, tras la Gran Recesión, las reglas que se aplicaban al empleo en el sector de la comida rápida están cambiando con rapidez. En 2011, McDonald's puso en marcha una iniciativa para contratar a 50.000 trabajadores en un solo día y recibió más de un millón de solicitudes; estadísticamente hablando, era mucho más difícil conseguir uno de estos trabajos que ser aceptado en Harvard. Aunque los puestos de trabajo en este sector solían estar ocupados por gente joven que buscaba un trabajo de media jornada mientras estudiaba, la industria de la comida rápida emplea hoy a muchos más trabajadores adultos que dependen principalmente de este salario. Casi el 90% de estos trabajadores tienen más de 20 años y el promedio de edad de todos los trabajadores es de 35 años.<sup>17</sup> Muchos de ellos tienen familias que mantener, algo casi imposible de hacer con un salario de 8,69 dólares por hora.

Los bajos salarios de esta industria y la ausencia casi total de beneficios extrasalariales han sido motivo de muchas críticas. En octubre de 2013, un empleado de McDonald's reveló que cuando llamó a la línea de ayuda económica de la empresa por estar en una situación de emergencia, se le aconsejó que solicitara ayuda al gobierno.<sup>18</sup> Un estudio rea-

lizado por el Centro de Investigaciones Laborales y Educativas de la Universidad de Berkeley en California, reveló que más de la mitad de las familias de trabajadores de la industria de la comida rápida están inscritas en algún programa de asistencia social, y que el coste resultante para los contribuyentes estadounidenses era de más de 7.000 millones de dólares anuales.<sup>19</sup>

En otoño de 2013, cuando Nueva York vivió un estallido de protestas y huelgas en establecimientos de comida rápida que pronto se extendieron a más de 50 ciudades, el Instituto de Políticas Laborales, un grupo conservador vinculado estrechamente a las industrias de la hostelería y la restauración, publicó un anuncio a toda plana en *The Wall Street Journal* advirtiendo que «muy pronto, los trabajadores que exijan un aumento del salario mínimo podrán ser sustituidos por robots». Y aunque estaba claro que el propósito de aquel anuncio era atemorizar a los empleados, la realidad es que, como demuestran los robots de Momentum Machines, la automatización en la industria de la comida rápida es inevitable. Si empresas como Foxconn están instalando robots para que realicen trabajos de alta precisión en el montaje de productos electrónicos, hay pocas razones para creer que no habrá máquinas sirviendo hamburguesas, bocadillos y cafés con leche en la industria de la comida rápida.\*

La cadena japonesa de establecimientos de comida rápida Kura, especializada en servir sushi, ha adoptado con mucho éxito una estrategia de automatización. En los 262 establecimientos de la cadena hay robots que ayudan a preparar sushi, y los camareros han sido sustituidos por cintas transportadoras. Para garantizar que los alimentos estén frescos, los robots controlan el tiempo que lleva cada plato de sushi en la cinta y retiran automáticamente los que están a punto de caducar. Los clientes hacen sus pedidos en una pantalla táctil y cuando terminan de comer introducen los platos en una ranura que hay en sus mesas; el sistema calcula la cuenta automáticamente y después limpia los platos para devolverlos a la cocina. En lugar de tener un encargado en cada establecimiento, Kura cuenta con unas oficinas centralizadas desde donde se pueden supervisar todos los aspectos del servicio. El modelo de automatización de Kura permite ofrecer platos de sushi a tan solo 100 yenes (alrededor de un dólar), lo que le da una ventaja muy grande frente a sus competidores.<sup>20</sup>

\* Los economistas clasifican la comida rápida como parte del sector servicios; sin embargo, desde un punto de vista técnico en realidad es una manifestación del trabajo fabril.



Es fácil imaginar que muchas de las estrategias que han servido a Kura, en especial la producción automatizada de la comida y la supervisión a distancia, acabarán siendo adoptadas por la industria de la comida rápida. Ya se han dado algunos pasos en esta dirección: en 2011, McDonald's anunció que instalaría pantallas táctiles para hacer los pedidos en los 7.000 establecimientos que tiene en Europa.<sup>21</sup> Cuando una de las grandes cadenas del sector empiece a obtener una ventaja importante de la automatización, las otras cadenas tendrán que seguirla. La automatización también ofrece la posibilidad de competir en aspectos que van más allá de reducir los costes salariales. La producción robótica se considerará más higiénica, porque entrarán en contacto con los alimentos menos trabajadores. La comodidad, la rapidez y la exactitud de los pedidos aumentará, como también aumentará la capacidad de hacer pedidos personalizados. Cuando las preferencias de un cliente se registren en un establecimiento, la automatización hará que el mismo cliente obtenga el mismo resultado en otros.

Dado todo esto, creo que es muy fácil imaginar que un establecimiento típico de comida rápida acabará recortando su plantilla en un 50% o incluso más. Por lo menos en Estados Unidos, el mercado de la comida rápida está tan saturado que parece poco probable que un establecimiento nuevo pueda compensar una reducción tan drástica del personal que necesita. Y esto significa que una gran parte de los puestos de trabajo previstos por la Oficina de Estadística Laboral no se materializarán.

La otra gran concentración de trabajos con salarios bajos se encuentra en el sector del comercio minorista. Según economistas de la Oficina de Estadística Laboral, después de «enfermero titulado» la ocupación que creará más puestos de trabajo (se espera que más de 700.000) en la década que finaliza en 2020 será la de dependiente de tienda o «vendedor minorista».<sup>22</sup> Sin embargo, la tecnología también tiene aquí el potencial para hacer que las previsiones del gobierno parezcan optimistas. Lo que sí se puede prever es que habrá tres fuerzas que determinarán el empleo en este sector.

La primera es la continua alteración de la industria por las ventas en Internet de empresas como Amazon, eBay o Netflix. La ventaja competitiva de estas empresas frente a las tiendas físicas ya se ha reflejado en el cierre de grandes cadenas como Circuit City, Borders o Blockbuster. En varias ciudades de Estados Unidos, Amazon y eBay entregan productos el mismo día con el objetivo de anular una de las mayores ventajas que aún ofrecen las tiendas físicas: la posibilidad de gratificación inmediata después de hacer una compra.

En teoría, la invasión de los vendedores por Internet no tendría que destruir puestos de trabajo, porque los trabajadores pasarían de ser vendedores de tienda a trabajar en los grandes almacenes y centros de distribución de las empresas que operan en Internet. Pero la realidad es que los trabajos en estos almacenes son mucho más fáciles de automatizar. En 2012, Amazon compró Kiva Systems, una empresa dedicada a la gestión de almacenes mediante robots. Los robots de Kiva, que se asemejan a enormes discos de hockey ambulantes, están diseñados para trasladar materiales dentro de los almacenes. En lugar de haber trabajadores deambulando por los pasillos seleccionando productos, los robots de Kiva los llevan directamente a los operarios que empaquetan los pedidos. Los robots se desplazan por su cuenta siguiendo una cuadrícula formada por códigos de barras que hay en el suelo, y se usan en la automatización de los almacenes de muchas empresas además de Amazon, Toys “R” Us, Gap, Walgreens y Staples.<sup>23</sup> Un año después de la adquisición, Amazon tenía unos 1.400 robots Kiva funcionando pero el proceso de integrar máquinas en almacenes grandes no había hecho más que comenzar. Un analista de Wall Street calcula que los robots reducirán los costes de estas empresas para servir los pedidos hasta en un 40%.<sup>24</sup>

Por otro lado, Kroger, una de las principales cadenas de supermercados en Estados Unidos, también trabaja con centros de distribución muy automatizados. Por ejemplo, el sistema recibe un palé lleno de cajas de un solo producto, retira las cajas del palé y luego añade las que sean necesarias a otro palé que contiene otros productos y que será enviado a una tienda. Los almacenes automatizados eliminan por completo la necesidad de intervención humana, salvo para la carga y descarga de camiones.<sup>25</sup> El impacto inmediato que tienen en el empleo estos sistemas automatizados es evidente, y el sindicato de transportistas y otros mayoristas se han enfrentado a Kroger en muchas ocasiones. Tanto los robots de Kiva como el sistema de Kroger dejan algunos trabajos en manos de personas, sobre todo si son trabajos que exigen destreza y reconocimiento visual, como el empaquetado final de productos. Sin embargo, estos son precisamente los trabajos que empresas como Industrial Perception y sus robots ya están empezando a invadir.

La segunda fuerza de transformación probablemente será el crecimiento explosivo de la automatización en el sector del autoservicio, es decir, en las máquinas expendedoras y los videocajeros. En un estudio se calculó que el valor de los productos y servicios vendidos por este sector pasaría de unos 740.000 millones de dólares en 2010 a más de 1,1 billones de dólares en 2015.<sup>26</sup> Las máquinas de autoservicio han cam-

biado mucho desde que solo servían refrescos, tentempiés y café instantáneo muy malo, y ahora son máquinas complejas que venden productos electrónicos como iPods e iPads de Apple en aeropuertos y hoteles de lujo. La empresa AVT, uno de los principales fabricantes de sistemas automatizados de autoservicio, asegura que puede diseñar una máquina capaz de despachar prácticamente cualquier producto. Las máquinas de autoservicio han hecho posible que se reduzcan drásticamente tres de los costes más importantes de la venta al por menor: 1) el alquiler de un local, 2) el pago de salarios y 3) el hurto por parte de clientes o empleados. Además, funcionan las 24 horas del día. Muchas de estas máquinas cuentan con pantallas de vídeo donde aparece publicidad dependiendo de la zona en la que estén situadas para seducir a posibles potenciales consumidores, igual que podría hacerlo un vendedor humano. También pueden registrar las direcciones electrónicas de los clientes para enviarles recibos. En esencia, estas máquinas presentan muchas de las ventajas de comprar por Internet y, además, ofrecen una entrega inmediata.

Aunque la proliferación de máquinas de autoservicio y videocajeros automatizados eliminará puestos de trabajo tradicionales, también generará empleos en el área de mantenimiento, reabastecimiento y reparación. El número de esos nuevos empleos, sin embargo, será más limitado de lo que podemos imaginar. Las máquinas más recientes están conectadas directamente a Internet y constantemente envían datos sobre las ventas realizadas y sobre su estado; además, también están diseñadas para minimizar los gastos laborales asociados a su funcionamiento.

En 2010, David Dunning era el supervisor de operaciones responsable del mantenimiento y el reabastecimiento de los 189 videocajeros Redbox del área de Chicago.<sup>27</sup> Redbox tiene más de 42.000 videocajeros en tiendas, almacenes y supermercados de Estados Unidos y Canadá, y alquila unos 2 millones de vídeos al día.<sup>28</sup> Dunning supervisaba el área de Chicago con solo siete empleados porque el reabastecimiento de los cajeros está muy automatizado; en realidad, el aspecto más duro del trabajo es limpiar la pantalla del videocajero, un proceso que lleva unos 2 minutos por máquina. Dunning y su equipo se reparten el tiempo de trabajo entre el almacén al que llegan las películas nuevas, y sus coches u hogares desde donde gestionan las máquinas por Internet. Los videocajeros están diseñados para que su mantenimiento se pueda hacer a distancia. Por ejemplo, si una máquina se atasca, la información llega inmediatamente a los técnicos, que se conectan con sus portátiles para arreglar el problema sin necesidad de acudir al lugar. En general, las películas nuevas llegan a los videocajeros los martes, pero pueden

llegar antes y, en ese caso, los videocajeros ponen las películas a disposición de público en el momento oportuno. Eso permite a los técnicos programar el reabastecimiento para evitar el tráfico.

Aunque los empleos de Dunning y su equipo son interesantes y hasta envidiables, son una fracción pequeñísima de los puestos de trabajo que antes solía generar una cadena de alquiler de vídeos. Por ejemplo, la ya desaparecida cadena Blockbuster llegó a tener decenas de tiendas en el área de Chicago y cada una contaba con su propio personal de ventas.<sup>29</sup> En su época de auge, Blockbuster tenía 9.000 tiendas y 60.000 empleados, es decir, cada tienda contaba aproximadamente con 7 trabajadores, más o menos los mismos que Redbox emplea para toda la zona que cubre el equipo de Dunning.

La tercera fuerza que afectará al trabajo en el sector del comercio minorista será el aumento de la automatización y el uso de robots en los comercios tradicionales que intenten seguir siendo competitivos. Las mismas innovaciones que permiten que los robots manufactureros amplíen su capacidad en áreas como la destreza y el reconocimiento visual, harán que la automatización en el comercio minorista pase del trabajo en los almacenes a funciones más variadas y complejas como la reposición de productos en estanterías. De hecho, ya en 2005 Walmart investigaba la posibilidad de usar robots que recorrieran los pasillos de sus tiendas durante la noche y escanearan automáticamente los códigos de barras para inventariar los productos.<sup>30</sup>

Al mismo tiempo, el pago en caja con autoservicio y los puntos de información serán más comunes y más fáciles de usar. Los dispositivos móviles también se convertirán en medios de autoservicio cada vez más importantes. Los futuros consumidores dependerán más y más de sus teléfonos para comprar, pagar y obtener ayuda e información sobre los productos disponibles en entornos de venta tradicionales. El papel de los dispositivos móviles en las ventas ya se ha empezado a notar. Walmart, por ejemplo, está probando un programa que permite a los compradores escanear el código de barras de los productos que meten en el carrito, llegar a las cajas y pagar con sus teléfonos para no esperar en colas largas.<sup>31</sup> La empresa de alquiler de automóviles Silvercar permite reservar y recoger un vehículo sin tratar con intermediarios. El cliente simplemente escanea un código de barras para abrir el coche y se pone al volante.<sup>32</sup> Es fácil imaginar que cuando la tecnología del lenguaje natural —como *Siri* de Apple o el aún más potente sistema *Watson* de IBM— siga avanzando y sea cada vez más asequible, los consumidores solicitarán ayuda a sus teléfonos móviles de una manera muy similar a como hoy solicitan la ayu-

da de un empleado en una tienda. La diferencia, naturalmente, reside en que el cliente jamás tendrá que esperar al empleado: el asistente virtual siempre estará disponible y casi nunca dará una respuesta incorrecta.

Aunque muchos comercios quizá elijan introducir la automatización en sus entornos de venta tradicionales, otros rediseñarán por completo sus tiendas convirtiéndolas, en cierto modo, en máquinas expendedoras a gran escala. Estas tiendas pueden consistir en un almacén totalmente automatizado, con una sala de exposición donde los clientes puedan examinar los productos y hacer pedidos que unos robots entregarán de inmediato o cargarán en vehículos. Más allá de la vía tecnológica que acabe siguiendo el sector comercial, es difícil imaginar que el resultado no sea la introducción de más robots y más máquinas, con la pérdida consiguiente de puestos de trabajo para seres humanos.

#### LA ROBÓTICA EN LA NUBE

Quizá uno de los factores más importantes de la revolución robótica sea la «robótica en la nube», es decir, la migración a potentes sistemas informáticos centralizados de gran parte de la inteligencia que anima a los robots móviles. La robótica en la nube ha sido posible gracias a la espectacular rapidez que ha alcanzado la transmisión de datos; hoy es posible dejar gran parte del procesamiento exigido por la robótica avanzada en manos de grandes centros de datos y así dar a los robots acceso a toda una red de recursos. Esto permite construir robots menos costosos por estar dotados de menos potencia y memoria, y también permite actualizar el *software* de muchas máquinas a la vez. Si un robot emplea esta inteligencia informática centralizada para aprender y adaptarse a su entorno, ese aprendizaje estará instantáneamente a disposición de cualquier otra máquina que acceda al sistema, y será fácil extenderlo a un gran número de robots. En 2011, Google anunció su apoyo a la robótica en la nube y hoy ofrece una plataforma que permite a robots aprovechar todos los servicios diseñados para dispositivos Android.\*

El impacto de la robótica en la nube quizá sea más espectacular en áreas como el reconocimiento visual, donde hace falta acceder a grandes bases de datos y contar con mucha capacidad de procesamiento. Imaginemos, por ejemplo, el gran reto tecnológico que implica cons-

\* El mayor interés de Google en la robótica se volvió a demostrar en 2013, cuando en 6 meses compró 8 empresas robóticas, una de las cuales fue Industrial Perception.

truir un robot capaz de efectuar tareas del hogar; un sirviente robótico encargado de ordenar una habitación debería tener la capacidad de reconocer una cantidad ilimitada de objetos y decidir qué hacer con ellos. Comparemos este desafío con el de los robots para mover cajas de Industrial Perception de los que hemos hablado antes. La capacidad de esos robots para distinguir y tomar cajas aunque estén amontonadas sin cuidado es impresionante, pero se limitan a trabajar con cajas y están muy lejos de tener la capacidad de reconocer y manipular prácticamente cualquier objeto, con cualquier forma y en cualquier configuración.

Incorporar esta capacidad tan exhaustiva de percepción y reconocimiento visual en un robot económicamente asequible supone un reto descomunal. Sin embargo, la robótica en la nube nos deja entrever el camino a una posible solución. En 2010, Google introdujo un servicio llamado *Goggles* para dispositivos móviles dotados de cámara, y desde entonces ha perfeccionado mucho esta tecnología. *Goggles* nos permite tomar una fotografía de un objeto, como un edificio emblemático, un libro, una obra de arte o un producto comercial, y luego el sistema reconoce automáticamente el objeto y nos envía información sobre él. Aunque incorporar a un robot los circuitos necesarios para reconocer casi cualquier objeto sería extraordinariamente difícil y costoso, es fácil imaginar robots futuros que puedan reconocer los objetos de su entorno accediendo a una inmensa base de datos centralizada y formada por imágenes similar a la que utiliza el sistema *Goggles*. Esta fototeca en la nube se actualizará constantemente y cualquier robot que tenga acceso a ella podrá mejorar instantáneamente su capacidad de reconocimiento visual.

Sin duda, la robótica en la nube contribuirá de una manera crucial a la construcción de robots más capaces, pero también planteará problemas importantes, sobre todo en el campo de la seguridad. Más allá de su incómodo parecido con Skynet —la inteligencia artificial de las películas de la serie *Terminator* protagonizadas por Arnold Schwarzenegger—, existe el problema más práctico e inmediato de la vulnerabilidad frente a los *hackers* y a los ciberataques, una inquietud especialmente importante si, por ejemplo, la robótica en la nube desempeña en el futuro un rol predominante en nuestra infraestructura de transporte. Por ejemplo, si el movimiento de alimentos u otros productos esenciales dependiera de camiones y trenes automatizados bajo un control centralizado, este sistema podría ser extremadamente vulnerable. Ya existe una gran preocupación sobre la vulnerabilidad frente a ataques cibernéticos de la maquinaria industrial y de infraestructuras vitales como la red de distribución eléctrica. Esta vulnerabilidad quedó demostrada por el gusano

Stuxnet, creado por los gobiernos de Israel y Estados Unidos en 2010 para inutilizar las centrifugadoras utilizadas en el programa nuclear iraní. Si los componentes de las infraestructuras básicas llegaran a depender algún día de una inteligencia artificial centralizada, estas inquietudes se elevarían hasta lo inimaginable.

## LOS ROBOTS EN LA AGRICULTURA

De todos los sectores que forman la economía estadounidense, la agricultura ha sufrido el cambio más grande y drástico a consecuencia del avance tecnológico. La mayoría de estas nuevas tecnologías fueron, desde luego, de naturaleza mecánica, y aparecieron mucho antes de las tecnologías de la información más avanzadas. A finales del siglo XIX, casi la mitad la población laboral estadounidense trabajaba en granjas; para el año 2000 solo el 2% se dedicada a estas tareas.

En los países desarrollados, cultivos como el trigo, el maíz y el algodón se siembran, cultivan y cosechan mecánicamente, y el trabajo humano requerido por fanega se ha convertido prácticamente en algo insignificante. Muchos aspectos de la crianza y el manejo del ganado también se han mecanizado, como el ordeño en las plantas lecheras y la estandarización del tamaño y el peso de los pollos que requieren las máquinas que los sacrifican y los empaquetan en las productoras avícolas.

El resto del trabajo pesado que los seres humanos aún hacen en el sistema agrícola es la recolección de frutas, verduras y plantas ornamentales que ha podido resistirse a la automatización, porque requiere una percepción visual detallada y una gran habilidad para seleccionar los frutos según el color, la textura y el aroma que tienen al madurar. Para una máquina, el reconocimiento visual representa un obstáculo porque depende de las condiciones de luminosidad, que suelen ser variables, y las frutas pueden estar orientadas de distintas formas y estar parcial o totalmente ocultas por las hojas.

Las mismas innovaciones que impulsan la robótica en los almacenes y en las fábricas, están siendo utilizadas para superar la frontera aún existente entre las máquinas y el trabajo agrícola que depende de la visión y el tacto. En San Diego, California, la empresa Vision Robotics está desarrollando una especie de pulpo robot que puede recolectar naranjas. El robot tendrá una visión tridimensional que situará los frutos de un naranjo dado en un modelo generado por ordenador; luego, esa información pasará al robot para que los ocho brazos recojan las naranjas.<sup>33</sup>

En la zona de Boston, Harvest Automation se ha centrado en construir robots para automatizar operaciones tanto en viveros como en invernaderos, porque la empresa calcula que poco más del 30% de los costes del cuidado de plantas ornamentales se deriva del trabajo manual; además, cree que a largo plazo sus robots se encargarán del 40% del trabajo agrícola manual que se requiere hoy en Europa y en Estados Unidos.<sup>34</sup> Actualmente, hay robots experimentales vendimiando en viñedos de Francia, que usan tecnología de visión artificial combinada con algoritmos para determinar qué racimos deben cortar.<sup>35</sup> En Japón, un nuevo robot es capaz de seleccionar cada ocho segundos una fresa que esté lista para ser consumida; la máquina puede hacer esta selección basándose en cambios sutiles de la coloración de los frutos. Huelga decir que el robot trabaja sin cesar y que hace de noche la mayor parte del trabajo.<sup>36</sup>

Los robots agrícolas avanzados son especialmente atractivos para países sin inmigración que no pueden pagar salarios bajos. Australia y Japón, por ejemplo, son dos países con una población activa que envejece con rapidez. Por cuestiones de seguridad, el estado de Israel también se puede considerar una isla en cuanto a movilidad laboral. Muchas frutas y verduras se deben cosechar en una época muy determinada, y la falta de trabajadores en el momento preciso puede suponer un gran problema.

Además de reducir la necesidad de mano de obra, la automatización agrícola tiene el potencial de convertir la agricultura en una actividad mucho más eficiente usando menos recursos. Los ordenadores tienen la capacidad de supervisar y administrar los cultivos de una manera tan detallada que sería inconcebible para un trabajador humano. El Centro Australiano de Siembra Robótica de la Universidad de Sídney (ACFR, por sus siglas en inglés) tiene el objetivo de convertir a Australia en el principal proveedor de alimentos para la población de Asia, que no deja de crecer, a pesar de ser un país que casi no cuenta con tierras de cultivo y agua. Los robots del ACFR recorren los campos de cultivo tomando muestras de la tierra alrededor de cada planta e inyectan la cantidad de agua o de fertilizante que haga falta.<sup>37</sup> La precisión en el suministro de fertilizantes y pesticidas a plantas concretas e incluso a frutos concretos de una planta podría reducir la cantidad de estos productos químicos hasta en un 80%, lo que a su vez disminuiría drásticamente la contaminación de ríos, lagos y otros acuíferos.<sup>38\*</sup>

\* La agricultura de precisión —o la habilidad de monitorizar y gestionar plantas e incluso frutos concretos— forma parte del fenómeno de los macrodatos. Esto se aborda con mayor precisión en el capítulo 4.



En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la agricultura es muy ineficaz. Las familias campesinas trabajan parcelas muy pequeñas, el capital que se invierte es mínimo y la tecnología moderna no existe. Cultivar la tierra exige mucho trabajo, pero casi siempre tiene que dar de comer a más personas de las necesarias para ello. El crecimiento demográfico alcanza los 9.000 millones de seres humanos y seguirá aumentando en las décadas venideras ejerciendo una presión cada vez mayor para labrar cualquier pedazo de tierra cultivable y producir más alimentos. El avance de la tecnología agrícola desempeñará un papel importante, sobre todo en países con poca agua y con ecosistemas modificados y dañados por el uso de productos químicos. Con todo, el aumento de la automatización también hará que la tierra dé trabajo a menos personas. Históricamente, los trabajadores agrícolas de los países subdesarrollados se han trasladado a las ciudades y los centros industrializados en busca de trabajo en la industria fabril, pero, como hemos visto, esas mismas fábricas se están transformando a causa de la automatización tecnológica. De hecho, es bastante difícil imaginar cuántos países en vías de desarrollo van a sobrevivir en esta aceleración tecnológica sin sufrir importantes crisis de desempleo.

En Estados Unidos, la agricultura robótica tiene la capacidad de acabar con muchos de los supuestos que subyacen a las políticas migratorias, un área que hoy está muy polarizada políticamente. Su impacto es muy evidente en zonas que solían emplear a un gran número de campesinos. En California, hay robots que recolectan almendras sacudiendo los árboles, sin necesidad de visión artificial; las almendras caen al suelo y otra máquina las recoge. Muchos granjeros californianos han pasado de cultivos tradicionales como el tomate a la producción de nueces, porque se pueden recolectar de manera automática. No es casualidad que la producción agrícola haya caído un 11% durante la primera década del siglo XXI, aunque la producción total de cultivos como el de la almendra se haya disparado.<sup>39</sup>

A medida que la robótica y las tecnologías avanzadas de autoservicio se extiendan a casi todos los sectores de la economía estadounidense, los trabajadores más expuestos serán los que realizan trabajos que requieren poca formación y especialización y que, a su vez, son los peor pagados. Sin embargo, los nuevos empleos generados por la economía estadounidense están hechos para este tipo de perfil, y la economía estadounidense debería generar cerca de un millón de puestos de trabajo

al año tan solo para seguir el ritmo del crecimiento demográfico. Y aun si no consideramos la posibilidad de una reducción de esta clase de empleos a causa del avance tecnológico, cualquier disminución en su ritmo de creación tendrá consecuencias terribles para el empleo a largo plazo.

Muchos economistas y políticos pueden subestimar esta situación y no considerarla un problema. Después de todo, los trabajos rutinarios, poco cualificados y con salarios bajos son muy poco apreciados —al menos en economías avanzadas—, y cuando los economistas debaten el impacto de la tecnología en esta clase de trabajos, es frecuente oírles hablar de «libertad», en el sentido de que los trabajadores que pierdan estos trabajos de baja cualificación «serán libres» de formarse mejor y hallar mejores oportunidades. Naturalmente, el supuesto que subyace a esta mentalidad es que una economía dinámica como la estadounidense no dejará de generar nuevos empleos más cualificados y mejor pagados para esos trabajadores «liberados», siempre y cuando adquieran la formación necesaria.

La base de esta suposición es cada vez más endeble. En los dos capítulos siguientes veremos el impacto que ya ha tenido la automatización en los salarios y los empleos de los estadounidenses, y examinaremos las características de la tecnología de la información que la convierten en una fuerza especialmente disruptiva. Esta discusión será un punto de partida para explorar con detalle un relato que contradice la creencia popular sobre los puestos de trabajo más vulnerables a la automatización y sobre la viabilidad de una solución basada en más educación y formación: las máquinas también vienen a por los puestos de trabajo más cualificados y con salarios elevados.