



Santiago Bilinkis

## **Pasaje al futuro**

Guía para abordar el viaje al mañana

Sudamericana

*Lo invisible es esencial a los ojos.*

Adrián Bilinkis (1947-1993)

Mensaje escrito por mi padre al pie de un  
retrato mío que dibujó cuando yo tenía dos  
años.



# AGRADECIMIENTOS



Escribir un libro probó ser una tarea mucho más difícil de lo que jamás imaginé. No sólo para mí, sino también para todos los que me acompañaron pacientemente en este proceso.

Quiero agradecer primero a Flor Cambariere, mi editora de Random House, que supo que dentro de mí había un libro antes de que yo mismo lo supiera, y confió en mí de manera incondicional. También a Walter Duer, que me ayudó con los primeros manuscritos y la estructura.

El contenido que van a leer fue revisado por un grupo extraordinario de gente, que sabe muchísimo de cada uno de los temas del libro y me regaló generosamente su tiempo y comentarios para enriquecerlo. Ellos son Diego Golombek (Biología y Neurociencia); Alejandro Nieponice y Fernando Polack (Salud y Extensión de la vida); Tristán Beckinschtein y Luciano Sposato (Neurociencia); Santiago Ceria (Computación y Educación); Axel Rivas (Educación); Wenceslao Casares (Tecnología); y Gerry Garbulsky, Emiliano Chamorro, Mariel Colomino, Mariano Bilinkis, Yamil Santoro y Natalia Bilinkis (visión general). Un agradecimiento especial para Andrei Vazhnov, que sabe absolutamente de todo y revisó el libro completo en su primera versión. Dado que no les hice caso a todo lo que me dijeron, cualquier error que haya quedado es enteramente culpa mía, por “cabeza dura”.

Agradezco también a Seth Shostak de SETI, que sin saberlo desde su genial podcast “Are we alone?” alimentó mi interés por estos temas y me recibió afectuosamente cuando tuve la mágica oportunidad de visitar su instituto. Y también a Pablo Brenner, que de manera casual hizo que descubriera Singularity University, experiencia que transformó mi vida.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a mi mamá, Inés Hercovich, gran escritora y editora que corrigió pacientemente todo el texto. Otro a mis hijos, Julieta, Ezequiel y Nicolás, que soportaron decenas de fines de semana con su papá semiausente escribiendo. Y a mi esposa, Cynthia Frenkel, ¡que hizo esas cosas y muchas más! Aceptó que me fuera tres meses de casa para estudiar en Singularity, leyó y corrigió pacientemente todo lo que escribí, sobrellevó mi ausencia y también lidió con mi presencia, en esos días en que anduve con el humor alterado por el desafío de escribir. Más allá del libro, es también la gran compañera de todas las aventuras de mi vida.



# INTRODUCCIÓN

# EL SHOCK DEL FUTURO

Si sentís que estás viviendo en una película que se mueve en cámara rápida y te resulta un desafío permanente mantenerte al día, no estás solo en esa sensación. Vivimos en un mundo que nos sepulta de información. De acuerdo con Eric Schmidt, presidente del directorio de Google, si reuniéramos todo el conocimiento generado desde el inicio de la civilización humana hasta el año 2003 tendríamos 6 exabytes de datos. Actualmente, generamos ese mismo volumen de información cada... dos días. Según un informe reciente de IBM, el 90 por ciento de toda la información existente en el mundo fue creada en los últimos dos años.

En el minuto que te tomó leer el párrafo anterior, se subieron más de 100 nuevas horas de video a Youtube, se cargaron algo menos de un millón de tweets, se compartieron en Facebook varios millones de posts, se mandaron decenas de millones de Whatsapps y cientos de millones de correos electrónicos.

En apenas treinta años pasamos del enorme desafío de encontrar información relevante, porque el acceso era escaso y difícil, al enorme desafío de encontrar información relevante, porque el volumen de datos disponible es tan grande que se hace casi imposible hallar lo que buscamos.

En muchos sentidos, el presente se nos presenta como una carrera imposible de ganar. Los esfuerzos que hacemos para mantenernos actualizados apenas alcanzan para no quedar demasiado detrás de los acontecimientos.

Si, por ejemplo, estudiaste medicina, durante el transcurso de tu carrera debés haber leído varios miles de páginas para aprender lo necesario para ejercer la profesión. Pero obtener el título es sólo el comienzo: actualmente se publica un número de *papers* tal que para estar al tanto de todo el conocimiento que se genera tendrías que volver a cursar el equivalente a una carrera completa cada unos pocos días.

Nuestro cerebro, prodigioso resultado de miles de años de evolución en un mundo infinitamente más simple, empieza a verse desbordado por el desafío de lidiar con un contexto tan diferente a aquel para el cual fue “moldeado”. El resultado de tanto exceso de estimulación es una caída notable en nuestra capacidad de concentración.

En un intento por lidiar con la pérdida de foco de nuestras mentes, empezamos a consumir información en dosis más y más pequeñas: hablamos en 140 caracteres, comprimimos nuestras conferencias a 18 minutos, reemplazamos la comunicación verbal por las diversas formas de mensajes breves escritos (SMS, Whatsapp, etcétera).

Esta sensación de dificultad para lidiar con un mundo que cambia demasiado velozmente fue descripta por primera vez por Alvin Toffler, quien la llamó “shock del futuro”. Toffler definió este

fenómeno como “el estrés despedazador y la desorientación que se genera en las personas cuando se ven enfrentadas a demasiado cambio demasiado rápido”. Consideraba al “shock del futuro” no como un potencial riesgo distante sino como una enfermedad real, sufrida por un gran número de gente.

Lo curioso, desde nuestra perspectiva actual, es que Toffler acuñó el concepto en un artículo escrito en 1965. En ese momento vivía en el planeta menos de la mitad de la gente que hoy, una fracción pequeña de la población mundial tenía televisión y teléfono fijo y, obviamente, no existía la telefonía celular ni internet. Cuesta pensar hoy qué sería lo que generaba “shock del futuro” en ese mundo que ahora se nos presenta como sumamente lento.

Otro modo de advertir el contraste de velocidad y nivel de estímulo es mirar hoy una serie de televisión de la década del 70. Si vemos un episodio de *CHiPs*, resulta difícil creer qué poco sucede durante la hora que dura cada capítulo. Una serie actual, *Dr. House* por ejemplo, desarrolla en el mismo período de tiempo la historia de tres pacientes en paralelo, más algún tema del vínculo de los médicos entre sí, saltando permanentemente de una historia a otra para evitar que nuestro cerebro se aburra de estar enfocado en lo mismo por más de tres minutos.

La sobreabundancia de estímulo e información no es el único desafío que enfrentamos: también debemos lidiar con el cambio tecnológico y la asimilación de nuevos dispositivos. Si estás leyendo este texto en un libro impreso en papel, te propongo que en este momento te tomes un momento para sentir la textura de la tapa, sentir el olor de las hojas, mirar las pequeñas imperfecciones de la tinta sobre el papel. En relativamente poco tiempo, estas vivencias que te resultan tan familiares, seguramente formarán parte del baúl de los recuerdos, junto a los discos de pasta y las cintas de VHS.

Desprendernos de los objetos que queremos nos llena de nostalgia y acomodarnos a los nuevos nos produce incomodidad. Para quienes pasamos toda la vida leyendo libros impresos, un *e-reader* es un objeto ajeno, inadecuado, carente de asociaciones con nuestra historia.

Antes de poder completar el duelo por esa pérdida, cambios en numerosos otros frentes distraen nuestra atención: necesitamos aprender a vincularnos con los demás en la era de las redes sociales, lidiar con las brechas generacionales en casa y en el trabajo, asimilar todas las transformaciones que la tecnología introduce en cada ámbito de nuestras vidas.

Esos cambios que en el presente nos incomodan abren puertas a un futuro asombroso. En el ejemplo del *e-reader*, el premio por dejar atrás la nostalgia y enfrentar la incomodidad es acceder a nuevas posibilidades: la lectura en formato digital incorpora opciones inimaginables hasta hace poco. La lectura colaborativa, el subrayado colectivo, la indelebilidad de nuestras notas, la posibilidad de buscar rápidamente en los contenidos y el hecho de que un libro nunca pueda estar agotado y se pueda tener en apenas un segundo, incorporan nuevas aristas que potencian notablemente

la experiencia de leer.

Aun cuando ese premio no generara motivación suficiente para hacer el cambio, en un tiempo no muy lejano será difícil acceder a nuevos contenidos si quedamos anclados a la tecnología del pasado. Así como un amante de los discos de pasta puede seguir coleccionando música vieja pero no acceder a la música nueva, quedar atados al libro en papel limitará notablemente las opciones de lectura en algunos años.

“Es difícil hacer predicciones, especialmente acerca del futuro”, dijo alguna vez Niels Bohr (o Yogi Berra). No obstante, me atrevo a hacer aquí dos predicciones genéricas que el libro después se encargará de desarrollar.

La primera es que el ritmo de cambio acelerado al que estamos expuestos hoy va a acelerarse mucho más aún. Igual que nos sucede hoy respecto de 1965, en retrospectiva, la velocidad a la que suceden las cosas hoy nos parecerá calma.

La segunda es que, con el avance de disciplinas como la biología artificial, la neurociencia y la medicina regenerativa, los cambios que se avecinan serán mucho más profundos y radicales que reemplazar un libro en papel por un *e-reader* o aprender a lidiar con la interrupción y la hiperestimulación permanente.

Estar a la altura de ese futuro resultará desafiante, pero la recompensa para quienes lo consigan será grande. Buena parte de nuestro éxito y satisfacción futura radica en entender la dinámica de los cambios para tomar hoy las decisiones que moldeen nuestro mañana. ¿Qué tipo de educación darle a nuestros hijos? ¿Qué carrera universitaria escoger? ¿Tendrá sentido en realidad escoger una carrera universitaria? ¿De qué trabajar? ¿Cómo prepararnos y preparar a nuestras organizaciones para el mundo que viene?

Muchas profesiones que fueron comunes hace tiempo hoy ya no existen. Recordemos la tradicional canción infantil “La farolera tropezó”. ¿Con qué tropezó? No con un escalón sino con el reemplazo de los faroles de kerosén por los eléctricos. La “farolera” era la encargada de encender la llama del alumbrado público al caer la noche, tarea que perdió todo sentido en la actualidad.

Más cerca en el tiempo, los lectores mayores de 30 años recordarán al ascensorista, la persona que se ocupaba de conducir elevadores hasta el piso solicitado. En épocas en que los ascensores no se detenían automáticamente, detenerlo a la altura exacta del piso requería bastante pericia. Avances mecánicos y electrónicos quitaron todo sentido a ese oficio. ¡Los invito a que prueben decirle a un chico de 10 años que hace un tiempo había gente que manejaba los ascensores!

Estas historias parecen hoy simpáticas porque ni nosotros ni nuestros seres queridos nos dedicamos a estos oficios. Pero este fenómeno recién está empezando y sus efectos difícilmente nos excluyan. Hoy en día muchas personas se forman y preparan para oficios y profesiones que pronto

dejarán de existir. Parte de la población, por ejemplo, trabaja conduciendo taxis, colectivos, ómnibus de larga distancia o camiones. Como discutiremos más adelante, al observar el avance que están experimentando los prototipos de autos autónomos es esperable que en algunos años esos oficios empiecen a desaparecer.

Ante tanto cambio, también las brechas generacionales se vuelven más abruptas que nunca. ¿Cómo comunicarnos con nuestros hijos en este contexto? Las dificultades no se presentan sólo en el plano individual. También se generan importantes desafíos para nuestra sociedad. ¿Cómo cambiamos la educación para dejar de educar en el siglo XXI igual que lo hacíamos en el XIX?

Prepararnos para el mañana empieza por conocer y entender, aun de manera no técnica, los cambios científicos y tecnológicos que están ocurriendo hoy. No hace falta mirar lejos para apreciar el impacto inminente que traerán a nuestra vida.

En la primera parte de este libro intento brindar al lector información y herramientas para entender mejor el presente e imaginar el futuro. Pero entender es sólo el inicio. Además necesitamos desarrollar nuestras habilidades y actitudes hacia el cambio. De ello dependerá que podamos tomar hoy las decisiones correctas que nos conduzcan a un mañana deseable. De eso tratará la segunda y última parte.

# EL ORIGEN DE ESTE LIBRO: CÓMO LLEGUÉ AL FUTURO

Cuando era niño soñaba con ser inventor. Pero no como hobby, sino como profesión. Sentía más placer desarmando mis juguetes que usándolos. Necesitaba entender cómo funcionaban y, si me resultaba posible, transformarlos en otra cosa. Recuerdo un gran experimento (fallido, por supuesto) a los ocho años: tomé una radio a transistores y la despiecé. Luego, siguiendo alguna lógica arbitraria, reacomodé todo, esperando que se hubiese convertido en un televisor color, algo que en la Argentina de entonces todavía no existía.

Tal vez por la frustración de que mis inventos nunca funcionaran, o por esa casi infalible ley de la naturaleza por la que prácticamente nadie sigue de adulto sus vocaciones infantiles (si así fuera, el mundo estaría lleno de bomberos y astronautas), cuando tuve que elegir una carrera, el inventor quedó postergado. En ese momento, descubrí otra cosa: así como algunos “nacen” con una vocación muy marcada y anhelan ser médicos, geólogos o ebanistas, otros no tenemos esa suerte y nos gustan demasiadas cosas. Para quienes somos así, escoger una carrera conlleva el esfuerzo de renunciar a todo lo que no elegimos. Empujado en parte por mi pragmatismo y en parte por mi gusto por las ciencias exactas, finalmente opté por estudiar economía y guardar en un cajón por muchos años mi interés en la ciencia y la tecnología.

Con mi amigo Andy Freire nos conocimos el primer día de clase. No fue difícil que nos llamáramos la atención mutuamente: éramos los únicos pelilargos en el conservador ambiente de la Universidad de San Andrés. Estudiamos juntos toda la carrera. Eran años en que no existía la palabra “emprendimiento” en el país. El objetivo de un universitario era prepararse, abultar el currículum e intentar conseguir trabajo en una empresa lo más grande posible luego de recibirse. Sin embargo, como amante del camino menos transitado y cultor de una filosofía basada en tratar de vivir la vida fuera de la zona de confort, con Andy comenzamos a soñar con fundar una empresa propia. Así nació Officenet, compañía a la que dediqué casi quince años y que inicié cuando sólo tenía 25. De la nada, convertimos esta idea en una empresa que alcanzó un tamaño considerable en Argentina y Brasil.

Hay un discurso muy famoso que dio Steve Jobs durante la graduación de la Universidad de Stanford, en 2005. Entre muchos mensajes maravillosos, hay uno que siempre me hizo ruido. Hablando sobre cómo se construye el rumbo en la vida, Jobs dice: “You cannot connect the dots looking forward; you can only connect them looking backwards”. Es decir, no se pueden unir los puntos clave de nuestra historia mirando hacia adelante, sino sólo en retrospectiva. Explicó luego cómo diversas decisiones de su vida, en apariencia caprichosas, cobraron sentido luego, cuando llegó el momento de crear Apple y revolucionar el mundo de la informática.

Si bien el azar juega un rol indudable, nunca entendí bien ese aspecto de la filosofía de Jobs. Mi vida ha sido siempre un continuo e incesante intento de conectar puntos hacia delante, de definir dónde quería estar en el futuro y qué dirección y decisiones debía tomar para llegar allí. Durante mis años en Officenet, detrás de la aparentemente rutinaria y aburrida tarea de “vender clips”, mi pasión y mi obsesión pasaron por construir una empresa con una cultura especial y un nivel de servicio extraordinario. Pero si bien esos desafíos me mantuvieron entusiasmado muchos años, siempre rondaba en mi cabeza la idea de reabrir, algún día, aquel viejo cajón en el que había guardado mis sueños infantiles.

Finalmente, el momento llegó a principios de 2010: dejé Officenet con la firme determinación de acercarme a la ciencia y a la tecnología. Quería reencontrarme con mi pasión original, pero tenía casi cuarenta años y una gran inercia a continuar en el campo del emprendimiento, donde mi accionar fluía con más naturalidad que en cualquier otro ámbito.

Por primera vez en mi vida, no tenía un punto claro de destino ni puntos para ir conectando hacia adelante. ¡Y el azar vino en mi auxilio! De manera casual vi el tweet de un amigo que hablaba de un curso en un lugar llamado Singularity University (SU). No pude evitar la tentación y cliqueé en el link. Allí encontré justo lo que necesitaba y no estaba buscando: el puente para cruzar de un ámbito a otro y reencontrarme con mi faceta de inventor. Una propuesta fascinante: diez semanas viviendo en un centro de la NASA, escuchando a los principales referentes mundiales en campos como biotecnología, bioinformática, inteligencia artificial, neurociencia y medicina regenerativa.

Mi primera reacción fue pensar que sería imposible ir: por un lado, el curso era extremadamente selectivo (había más de 1.600 postulantes de todo el mundo para apenas 80 vacantes). Por otro, significaba estar tres meses lejos de mi esposa y mis tres hijos. Si bien en mis años como emprendedor había viajado muchísimo, nunca había estado más de una semana separado de mi familia. Pensé: “Esto es increíble. No es posible ahora pero espero poder hacerlo algún día”. Comencé a escribir un texto en mi blog para comentar la propuesta con mis lectores y, con cada palabra que tipeaba, la sangre me hervía más. Apenas terminé la nota, en un acto impulsivo poco común en mí, no pensé más y me inscribí.

Cuando llegó el mail en el que me informaban que me habían aceptado, mi primera reacción fue de shock. En el fondo nunca pensé que me fueran a seleccionar. Sentí nervios, miedo, excitación... Todas sensaciones que el emprendimiento hacía rato ya no me producía. Había vuelto a salir de mi zona de confort.

Una semana antes de partir, en medio de mis preparativos, recibí una invitación insólita: me proponían asistir al día siguiente al cóctel anual de la XPRIZE Foundation, organización creada por Peter Diamandis, uno de los fundadores de SU. Yo estaba aún en Buenos Aires y era evidente que no

había modo de que llegara allí a tiempo. Sin embargo, la invitación no era para que viajara. Me invitaban a participar sin moverme de la Argentina, manejando un robot de telepresencia. Me sentí un niño que acaba de recibir el mejor juguete y supe que estaba por vivir los tres meses más asombrosos de mi vida.

Cuando finalmente llegó el día de partir, estaba histérico. Terminé de preparar el equipaje mientras mis hijos revoloteaban a mi alrededor. Al momento de separarme de mi familia, luego de un caótico check-in hecho a las apuradas y a último momento por culpa de un incesante tránsito en el camino al aeropuerto de Ezeiza, sólo tuve tiempo para un beso y un abrazo a las apuradas. Ya en la cola de migraciones, con los decibeles en su nivel normal, se me hizo un nudo en el estómago y se me llenaron los ojos de lágrimas. Hubiese querido tener un último día para estar con mi familia. Entonces caí en la cuenta de que ya lo había tenido: había sido ése, y lo había pasado aturdido, atolondrado y pidiendo a los chicos que me dejaran tranquilo para hacer las valijas. No había dejado Buenos Aires y SU ya me daba la primera lección: necesitamos perder aquello que amamos para valorarlo en toda su dimensión.

Llegué a San Francisco un día antes del comienzo del curso, para poder aclimatarme. Tomé una combi del aeropuerto hacia NASA Ames, el sitio donde tiene su sede SU, en Mountain View, un poblado en medio del legendario Silicon Valley. El valle es un largo espacio de 80 kilómetros que separa las ciudades de San Francisco y San José, compuesto por un gran número de pequeños poblados que sirven de sede a las mayores empresas de tecnología del planeta. A diferencia de lo que me había imaginado –una especie de parque futurista como Epcot de Disney World– en la base de la NASA todo era precario y espartano. Moffett Field, el sitio que alberga NASA Ames y otras dependencias militares, fue creado en la década del 30 como una base de la marina estadounidense.

Unas cinco cuadras separaban la recepción y mi departamento, que en ese día atípico de calor en el normalmente espléndido verano de Silicon Valley, parecieron cincuenta. Mi cuarto quedaba en un bloque de edificios simples y precarios construidos en forma de barraca. Dentro de la habitación, el panorama no mejoraba: mi hogar por los siguientes meses era oscuro, con paredes de salpicrét y una alfombra gris de las más económicas. Tenía dos camas pequeñas, un sillón, una heladera, un pequeño armario de metal y una repisa con un microondas. ¡Ni siquiera había televisor! El tiempo me mostraría que todo eso era irrelevante. Mi habitación fue solo el lugar donde caer desmayado al final de cada día y salir temprano antes de comenzar las clases.

Dejé mis cosas y salí a explorar los alrededores. Caminé hacia el primer edificio que vi. Tenía un cartel derruido que decía “Moffett Lanes” y estaba abandonado, algo que, pronto aprendí, es bastante común allí. Miré a través de un vidrio opacado por el polvo y detecté que había sido un bowling. Giré y vi por primera vez, a la distancia, Hangar One, el edificio icónico de NASA Ames, con su

estructura de red de vigas de hierro, revestida con acero galvanizado. Junto al bowling otro edificio llamó mi atención: por su forma característica podía adivinarse que había sido un McDonald's. Caminé en esa dirección hasta que algo me detuvo: ¡Había un cohete entre ambos edificios! De 30 metros de largo, un Titán 2 descansaba su sueño final. Nunca había estado tan cerca de un cohete.

Esa noche tuvimos una cena informal donde conocí por primera vez a mis compañeros de clase y a algunos graduados del año anterior. Los ochenta asistentes veníamos de diferentes partes del mundo. De Latinoamérica había dos argentinos, cuatro brasileros, un chileno, un peruano y un guatemalteco. Cuando llegué, ya se habían formado varios grupos de conversación. Me acerqué a uno en el que charlaban sobre cómo construir una inteligencia artificial general, capaz de superar la capacidad humana. Escuché fascinado y en silencio, con la certeza de que no había nada coherente que yo pudiera decir al respecto. Recordé una frase célebre de Groucho Marx: “Prefiero quedarme callado y que piensen que soy un idiota, antes que abrir la boca y que estén seguros”. Me aproximé a un segundo grupo en el que mencionaban la palabra Marte; la discusión rondaba sobre cómo dotar al planeta rojo de una atmósfera y un ambiente propicios para la vida humana. En otros rincones, los temas eran la cura del sida o robótica avanzada. Me tomó sólo un par de horas tener la certeza de que había llegado a mi paraíso.

Al día siguiente, en la ceremonia de apertura hablaron los fundadores de SU, Ray Kurzweil, futurista, prolífico inventor, notable especialista en inteligencia artificial; y Peter Diamandis, referente de la exploración espacial y autor de un libro llamado *Abundance: the future is better than you think*. Los discursos centrales estuvieron a cargo del físico Larry Brilliant y de Larry Page, uno de los dos fundadores de Google, quien cerró su ponencia diciendo: “Si yo estudiara ahora, éste es el lugar en el que querría estar”.

Ese día conocí también a Dan Barry, astronauta veterano de tres misiones en el transbordador a la Estación Espacial Internacional. Dan dirigía el programa de estudios de SU y resultó ser una persona increíble e inspiradora. Fue de quien más aprendí en esos meses, tanto en lo técnico como en lo personal, y se convirtió en el facilitador de los mayores picos emotivos durante mi paso por NASA. Uno de los momentos más especiales para mí fue cuando, bajo su guía, pude comandar un transbordador espacial, utilizando uno de los simuladores con los que NASA entrena a los astronautas antes de sus misiones. Conocí también a Salim Ismail, que lideró académicamente nuestra clase y fue una fuente permanente de guía e inspiración.

Durante las diez semanas que duró SU, escuché a grandes personalidades de la computación científica, la inteligencia artificial, la robótica, la biotecnología, la nanotecnología, la neurociencia y la medicina regenerativa. Visité lugares asombrosos, a los que no hubiera podido acceder de otro modo, como las instalaciones de la fábrica de artefactos espaciales y satelitales Loral; la National

Ignition Facility, donde se intenta lograr la fusión nuclear; la empresa Tesla, que fabrica autos eléctricos, y Googleplex, la sede central de Google.

Había llegado hasta SU impulsado por mi curiosidad, esperando escuchar cosas interesantes sobre ciencia y tecnología. Lo que encontré, sin embargo, fue mucho más profundo y trascendente. Descubrí que cuando uno mira un poco más allá del iPhone 12 o el Samsung Galaxy S14, encuentra que en los próximos años el avance científico y tecnológico va a transformar nuestras vidas de manera profunda e inesperada. Vi con claridad que, si queremos vivir bien en el mundo que nos tocará, es imprescindible abrirse al cambio y prepararse para el mañana.

Aprendí que pronto dispondremos de herramientas tecnológicas asombrosas que nos permitirán potencialmente solucionar los problemas más acuciantes que enfrenta la humanidad, pero también hacer realidad los escenarios más espantosos imaginados por la ciencia ficción o el cine catástrofe, incluso en el extremo generar nuestra propia extinción.

Volví a la Argentina sorprendido y conmovido por estas dos “revelaciones”. Y al compartir mi experiencia con los demás noté que muchos sentían los mismos niveles de sorpresa y conmoción. Entonces decidí ser un portavoz. Haber estado en SU fue un gran privilegio y sentí el compromiso de compartir con los demás lo que aprendí y viví allí. Regresé también con la convicción de que es esencial que más gente conozca sobre los desarrollos que se avecinan en materia de ciencia y tecnología y los cambios que generarán en nuestra vida. Entenderlos es el punto de partida para lograr que su impacto sea positivo. Ése es el origen de este libro.

# ACLARACIONES FINALES

## ANTES DE COMENZAR

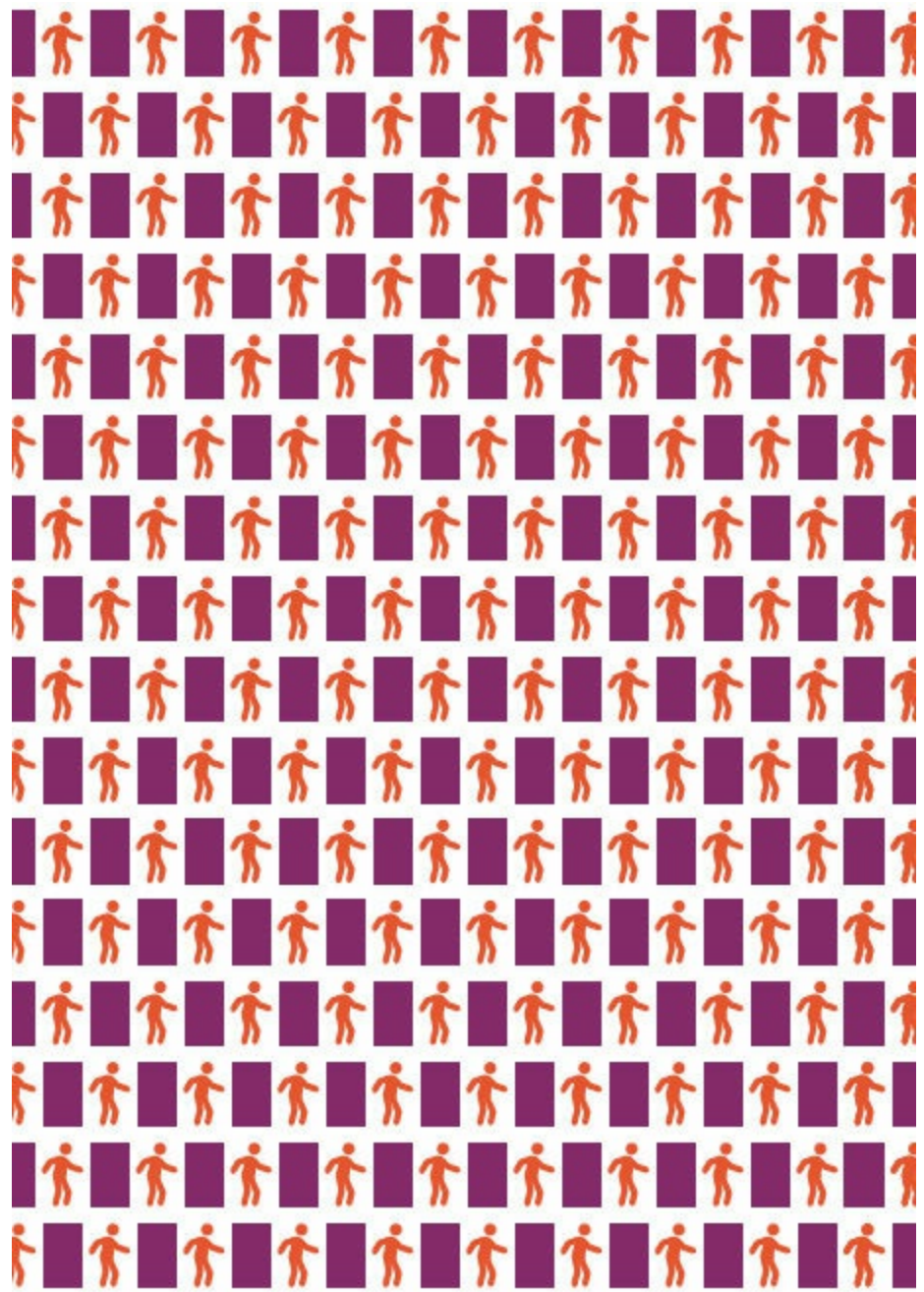
Por definición, en un mundo que cambia tan rápido como este libro se ocupará de describir, los ejemplos tienden a desactualizarse rápidamente. Por ello, uno de los dilemas que tuve durante la escritura fue en qué medida incluir ejemplos que hicieran la lectura más clara y amena pero que pudieran quedar antiguos con el paso de los años. Decidí priorizar la claridad, convencido de que aun cuando algunos detalles queden desactualizados, los principios generales que ejemplifican seguirán vigentes.

Una manera que encontré para lidiar con este cambio fue hacer que las notas al pie y referencias, en lugar de ser parte del libro, estén disponibles en internet, para poder seguir compartiendo con los lectores las novedades que surjan después de la publicación. Cada sección tendrá un espacio en mi sitio personal bilinkis.com, donde estarán los materiales que complementan la lectura.

En línea con la brevedad de atención actual, el texto está dividido en secciones cortas, la mayoría de las cuales puede ser leída de manera independiente o salteada por los lectores menos interesados en ese tema particular.

Finalmente, un pantallazo acerca del contenido. El primer capítulo desarrollará cómo el uso creciente de computadoras para la generación de conocimiento científico abre la puerta a generar esos cambios profundos. En los capítulos siguientes discutiremos, de manera accesible a lectores sin formación técnica, lo que está sucediendo hoy en la frontera de los principales campos: el capítulo 2 se ocupará de la bioinformática, la biología sintética y la búsqueda de tomar control sobre la creación de vida; el 3, del avance de la medicina personalizada y la incorporación de tecnología en nuestros cuerpos; el 4, de la posibilidad de introducir cambios y mejoras en nuestra mente; el 5 y el 6, de los avances en inteligencia artificial y robótica, incluyendo la búsqueda de dotar a las computadoras de una inteligencia superior a la humana; el 7, de los intentos para vencer a la muerte y extender de manera radical la expectativa de vida humana; y el 8, de algunas de las tecnologías con impacto más inminente en nuestra vida. Los tres capítulos finales se ocupan de discutir nuestro lugar en la construcción de ese mundo que viene, analizando los cambios en el terreno de la educación y el trabajo, y las actitudes y habilidades necesarias para “sobrevivir” al futuro.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/INTRO](http://libro.bilinkis.com/intro)



**PARTE 1**  
**CONOCIENDO LO QUE VIENE**



## CAPÍTULO 1

EL PASADO,  
—— el ——

# PRESENTE

Y EL FUTURO  
**del futuro**

## EL FUTURO QUE NO FUE

En la década del 80 hubo una saga muy popular de películas: *Volver al futuro*, protagonizadas por Michael J. Fox y Christopher Lloyd. En la segunda parte, los protagonistas utilizan un automóvil DeLorean acondicionado como máquina del tiempo por el profesor Emmett Brown (Lloyd) para que Marty McFly (Fox) viaje al futuro a ayudar a sus hijos.

Ya en el futuro, McFly se cruza con toda clase de elementos asombrosos: patinetas voladoras, zapatillas y prendas de vestir que se ajustaban automáticamente al entrar en contacto con el cuerpo del usuario o vestimenta capaz de secarse sola.

La película fijaba ese porvenir exótico y maravilloso al que viajaba el protagonista en el año... ¡2015! Y las patinetas todavía andan por el suelo, bien apoyadas sobre sus ruedas. ¿Por qué el futuro imaginado en 1989 por Robert Zemeckis, director del film, se parece tan poco a la realidad? ¿Por qué la mayoría de las referencias futuristas introducidas en ese guión y tantos otros no se materializaron?

Hasta la llegada de la Revolución Industrial los cambios tecnológicos resultaban casi imperceptibles a escala de una vida humana. Por eso la mayoría imaginaba el futuro como una mera continuación del presente. A fines del siglo XIX y comienzos del XX, la aceleración del avance tecnológico permitió pensar, por primera vez, en un futuro diferente. El positivismo científico y la ciencia ficción instalaron en el imaginario colectivo la idea de que alcanzar un mundo mejor era inevitable, apenas una cuestión de tiempo.

La expectativa de cambio tecnológico acelerado que expresa la película refleja un fenómeno mucho más extendido: 89 años antes de Zemeckis, una empresa alemana celebró la llegada del siglo XX con postales que repartió entre todos sus clientes, imaginando cómo sería el año 2000: éstas incluían ilustraciones con máquinas voladoras individuales, gente que caminaba sobre el agua, ciudades techadas y cámaras capaces de ver a través de las paredes. La literatura, diarios y revistas del siglo XX están plagados de predicciones respecto de esta época que, miradas en retrospectiva, lucen completamente ridículas.

## SOÑANDO CON LOS AUTOS VOLADORES

Sin ir más lejos, el mundo de hoy es muy diferente de como lo imaginábamos cuando éramos chicos. Quienes crecimos en la década del 70 o del 80, fantaseábamos con una adultez con autos voladores, robots ayudantes y muchos otros logros científicos y tecnológicos. Dibujos animados como *Los Supersónicos* alimentaban esa fantasía. ¿Quién no soñó en sus primeros años de vida con

conducir un auto volador?

Pero la adultez llegó para nosotros y no sólo no hay autos voladores: el 1° de enero de 2000, minutos después de brindar con mi familia celebrando la llegada del nuevo milenio, recordé mi sueño infantil, miré por la ventana y vi estacionado un desvencijado Peugeot 504. Sonreí con resignación y pensé: “¿Qué será lo que hicimos mal?”.

Lo peor es que los autos no sólo no vuelan, sino que las novedades que incorporaron desde la década del 30 son relativamente pequeñas: algunos avances en materia de seguridad (airbag, ABS) y otros de confort (dirección hidráulica, más prestaciones para el entretenimiento)... Los cambios principales fueron estéticos, no de “performance”. Si se compara un Ford A de 1930 con un modelo equivalente actual, se concluye que en más de ochenta años la velocidad máxima creció linealmente y apenas se triplicó (¡lo que equivale a una mejora de sólo un 1 por ciento anual!), la eficiencia en el consumo de combustible no cambió y la potencia máxima aumentó apenas un promedio de 2,4 por ciento por año (es decir, se sextuplicó desde la aparición de los primeros autos). Esta afirmación no debería sorprender a nadie: todos sabemos que si cambiamos un auto de hace, digamos, cinco años por el mismo modelo cero kilómetro casi no hay diferencias.

Ya que los autos voladores no logran despegar, tal vez podríamos encontrar consuelo en la mejora de los aviones... Sin embargo, si se compara al avión comercial más avanzado de la década del 50, un Comet 4, con uno de la actualidad, un Boeing 787, podemos observar que en estos 63 años:

- La velocidad máxima a la que vuelan casi no cambió.
- Se triplicó la distancia de vuelo sin reabastecer combustible, lo que representa una mejora anual de sólo un 2 por ciento.
- La altura máxima que alcanzan es la misma.
- El precio promedio subió casi un 10 por ciento anual, de 700 mil a 200 millones de dólares, muy por encima de la inflación mundial. Dicho en otras palabras, un avión “moderno” vale muchísimo más que uno “antiguo”, pero los parámetros funcionales principales casi no cambiaron.

La falta de cambio tecnológico se explica tanto por limitaciones físicas (la barrera del sonido para los aviones) como prácticas (el riesgo de accidentes y la coordinación del tránsito en el caso de los autos). Por eso, a pesar del shock de Toffler en la década del 60, crecimos acostumbrados a tecnologías que evolucionan de manera muy lenta, casi imperceptible.

## **EL DESENCANTO DE LAS PREDICCIONES FALLIDAS**

Tal vez por esa lentitud, todas las utopías de futuro que construimos a lo largo de la historia en general terminaron en grandes decepciones.

Desde la introducción del número cero en las ciencias matemáticas y la adopción del sistema decimal, el hombre tuvo siempre una especie de fascinación por él y por los números “redondos” a los que da lugar. Por eso, la más notoria frustración tal vez haya sido el mencionado año 2000, número mágico sobre el que se habían generado grandes expectativas en las décadas precedentes, que incluían toda clase de vaticinios asombrosos. Un ejemplo: el periódico norteamericano *Chicago Tribune* publicó en 1965: “En 2000, las convenciones de negocios se harán en *cosmoteles*, a los que la mayoría de los delegados viajará en sus propias cápsulas familiares”. Realmente esperábamos esas cosas. La decepción fue grande cuando finalmente esa y tantas otras predicciones resultaron fallidas.

En un episodio de *Los Simpsons* emitido en 2008, en plena crisis financiera global y con el recuerdo aún fresco de los varios ataques terroristas de la primera parte de esa década, un científico vuelve a la vida a su padre luego de tenerlo congelado durante muchos años. Cuando Lisa, la hija inteligente del matrimonio, lo recibe, le dice: “Señor, su hijo lo trajo al siglo XXI. Es muy parecido al siglo XX, excepto porque todos tienen más miedo y la Bolsa ha bajado mucho”. Una manera perfectamente cínica de describir el desencanto que ya produjo el largamente esperado siglo XXI.

## DECEPCIÓN APOCALÍPTICA: EL Y2K

Las profecías desastrosas parecen ser comunes en cada fin de milenio. Según los expertos, se esperaban catástrofes con la llegada del año 1000. Hoy ya casi nadie lo recuerda, pero en anticipación a la llegada del tercer milenio las grandes empresas de tecnología cernieron sobre el mundo una amenaza apocalíptica: la crisis computacional del año 2000, más conocida como Y2K.

Desde 1994, año en que comenzaron las inversiones fuertes en este aspecto, se destinaron alrededor de 250.000 millones de dólares, nada menos, en resolver la cuestión. Los efectos anunciados para quien no resolviera el problema a tiempo eran fatales: los bancos no podrían operar, las centrales nucleares dispararían radiación a diestra y siniestra, los aviones caerían como si todo el mundo fuese un Triángulo de las Bermudas gigante, los servicios (luz, gas, teléfono) dejarían de funcionar...

El 31 de diciembre los estómagos de muchos se anudaron. Algunos estaban muy tranquilos dado que ya habían provisto sus búnkeres con abundante agua potable y comida envasada. Dieron las doce y nada sucedió. La realidad despertó una polémica que nunca tendrá fin: ¿el problema era tan grave como se presentó en los papeles o sólo fue la excusa de algunos proveedores de tecnología

inteligentes, que aprovecharon el momento de psicosis colectiva para exprimir a sus clientes? ¿Las compañías se prepararon bien y por eso no hubo inconvenientes o la plata se tiró por la ventana y, si no hubiesen invertido ni un peso, tampoco sucedería nada?

Técnicamente, el problema existía. Si una computadora utilizaba sólo dos dígitos para indicar el año, cuando llegara al “00” y realizara un cálculo de aritmética de fechas con cualquier día anterior, daría como resultado un número negativo. Si un banco, por ejemplo, empleaba ese cálculo para aplicar un interés, perdería mucho dinero en cada operación. Queda una duda: si el hecho de que no haya habido consecuencias se debió a una buena preparación por parte de los afectados o si el dinero invertido superó a la cantidad verdaderamente necesaria.

Al final, hubo más víctimas por corchos perdidos y explosión de pirotecnia antes de tiempo que por el Y2K. Sí trascendieron algunos hechos aislados y sin relevancia: algún ticket de supermercado que indicaba que el jamón había vencido hacía cien años, unos boletos de colectivo con las fechas cambiadas, celulares que hicieron votos de silencio los primeros minutos del nuevo milenio, facturas de servicios que fijaban el vencimiento en 1900, y otros pequeños hechos anecdóticos que no alteraron en absoluto la vida de las personas.

Los únicos que sufrieron los efectos del Y2K fueron quienes debieron hacer guardia monitoreando las computadoras y sistemas en lugar de estar festejando con sus familias la llegada de ese año especial. Seguramente sus corazones se detuvieron un instante, a las 23:59 del 31 de diciembre de 1999, a la espera de lo peor.

Otro pronóstico fallido, en este caso para bien.

## **EL INICIO DEL CAMBIO**

Las computadoras avanzaron notablemente desde sus inicios en la década del 40, de ser gigantes electromecánicos a ser totalmente electrónicas en 1946, y luego reemplazando los voluminosos tubos de vacío por transistores y memorias magnéticas a fines de los 50. Pero el verdadero punto de quiebre que modificaría para siempre esta lógica de cambios lentos y expectativas frustradas comenzó a gestarse a fines de la década del 60. En 1971 tres grupos de ingenieros, trabajando de manera independiente, llegaron casi en simultáneo a desarrollar el microprocesador digital, dando nacimiento a la informática moderna. El hallazgo del microprocesador consistía en colocar en un solo “chip” un gran número de transistores capaces de concentrar todos los elementos necesarios para el procesamiento central de una computadora. Pese a haberse formado originalmente como químico, Gordon Moore creó la compañía Intel y logró ese año fabricar el primer microprocesador comercial, conocido como Intel 4004.

Cuanto más transistores se lograran colocar en un chip, más capacidad tenían las computadoras resultantes, lo que desató una carrera por miniaturizar los circuitos y dotarlos de más y más transistores. El ritmo de avance que experimentó esta tecnología desde la invención del circuito integrado no tenía precedentes en la historia de la humanidad. Moore observó que el número de transistores se duplicaba cada dos años, dando origen a lo que hoy se conoce como la “Ley de Moore”.

La Ley de Moore (que pese a su nombre no es una ley, sino una observación empírica) se ha cumplido con sorprendente precisión por casi cincuenta años: desde la aparición del microprocesador, con regularidad las computadoras han duplicado su potencia cada 18 a 24 meses. De alguna manera, lo que comenzó como la mera observación de un fenómeno nuevo se convirtió también en una profecía autocumplida, guiando actualmente las expectativas y metas de investigación y desarrollo de las principales empresas informáticas del mundo.

Aunque nada garantiza que se mantenga de manera indefinida y en algún momento podamos toparnos con los límites de la física, Intel y los demás fabricantes de chips tienen el camino relativamente claro hasta el final de esta década. En el ínterin, asoman nuevos desarrollos vinculados a la nanotecnología, los materiales autoensamblantes, los chips tridimensionales y la computación cuántica como opciones para mantener el ritmo en las décadas por venir.

Este nuevo ritmo de cambio no se limita a los microprocesadores. El aumento exponencial puede encontrarse también en otros aspectos relacionados con el poder de una computadora, como la memoria disponible o su capacidad de almacenamiento externo.

La velocidad de avance dota a la informática de una lógica diferente de toda otra tecnología anterior en la historia de la humanidad: algo que se duplica regularmente en un intervalo fijo de tiempo no sigue una evolución lineal sino una exponencial. Ese es un fenómeno tecnológico enteramente nuevo.

## **LA IMPREVISIBLE FUERZA DEL CRECIMIENTO EXPONENCIAL**

La principal diferencia entre el cambio lineal y el exponencial es que en el primero el pasado es un buen predictor sobre lo que sucederá a futuro. Si estamos por cruzar una calle y vemos un auto a la distancia, podemos tratar de estimar a qué velocidad se acerca y decidir si alcanza el tiempo para llegar al otro lado o no. En alguna medida también es posible utilizar experiencias anteriores, dado que la velocidad de circulación de los autos no varía demasiado con los años. Enfrentados a un fenómeno exponencial, lo peor que podemos hacer es intentar predecirlo en base a nuestra experiencia previa: lo que viene es *por definición* muy diferente de lo que pasó hasta aquí.

Intentemos ilustrar cuán contrario a nuestra intuición es el avance exponencial con un ejemplo muy usado en Singularity University. Si salimos a caminar avanzando de manera lineal, digamos un metro por cada paso, después de dar treinta pasos habremos avanzado 30 metros. Si a la mitad de la caminata, después del paso quince y a 15 metros del punto de partida, nos preguntan cuánta distancia esperamos recorrer hasta el final, no será difícil estimar un valor aproximado: si por la mitad avanzamos 15, seguramente terminaremos a aproximadamente 30 metros del punto inicial. Imaginemos ahora que pudiéramos caminar a un ritmo exponencial: nuestro primer paso avanza un metro, el segundo dos, el tercero cuatro, el cuarto ocho y así continuamos duplicando la distancia recorrida con cada zancada. Después de dar sólo 10 pasos habremos recorrido un poco más de un kilómetro. Si nos preguntan cuán lejos esperamos llegar, viendo que cada vez vamos más rápido, seguramente arriesguemos un número algo mayor a tres kilómetros, digamos 30. Seguimos avanzando hasta la mitad del camino y nos encontramos con que en 15 pasos ya superamos nuestra estimación anterior: recorrimos casi 33 kilómetros. “Esto va más rápido de lo que pensábamos”, reflexionamos. ¿Cuán lejos llegaremos cubriendo la segunda mitad? No importa lo exagerados que seamos, difícilmente consigamos acertar dónde nos lleva ese ritmo de avance. Cumplidos los treinta pasos, la distancia recorrida será de más de un millón de kilómetros: caminando por el Ecuador habríamos dado casi 27 vueltas al planeta.

Retomando la senda de las comparaciones entre el pasado y el futuro que ya emprendimos con autos y aviones, consideremos ahora la computadora personal Apple II, que salió al mercado en 1977, contra una portátil MacBook Pro de 2014. El ritmo de cambio al que han mejorado sus atributos principales es radicalmente diferente de los anteriores. Consistente con la predicción hecha por la Ley de Moore, la velocidad de su procesador, la cantidad de memoria RAM y la capacidad de almacenamiento de su disco rígido aumentaron a un ritmo promedio de 43 por ciento anual, año tras año durante casi cuatro décadas.

Más allá del detalle numérico, estos datos no deberían sorprender a nadie. Todos sabemos bien que si compramos un auto cero kilómetro para reemplazar un modelo similar de hace cinco años, casi no habrá diferencia entre ambos. Pero si renovamos una computadora (o un teléfono celular) teniendo en cuenta esa misma antigüedad, la diferencia de desempeño es abismal.

Vivimos esto con naturalidad y, sin embargo, es un hecho asombroso, sin precedentes. Quizás el mejor modo de poner en perspectiva cuán desconcertante es que algo mejore tanto todos los años sea mostrar cómo serían autos y aviones si en vez de progresar a un 1 o 2 por ciento al año, hubiesen mejorado exponencialmente como las computadoras, a una tasa de crecimiento anual de 43 por ciento. Si usamos como ejemplo el Comet 4, en los 64 años que van de 1950 hasta 2014:

- Su velocidad máxima habría aumentado de 846 km/h a más de 7.000 veces la velocidad de la luz.
- Su autonomía de vuelo sin reabastecimiento sería hoy de 47 billones de kilómetros.
- La altura máxima de cada vuelo lo llevaría mucho más allá de los límites del sistema solar.

¿Y los autos?

- Aquel Ford T de 1930 viajaría más rápido aún, alcanzando cientos de miles de veces la velocidad de la luz (dado que tuvieron veinte años más que los aviones para crecer al 43 por ciento anual).
- ¡La potencia de su motor sería equivalente a 23.000 veces el consumo global de energía del mundo entero en un año!

Otro modo de verlo: en 1977 la capacidad de un disco rígido se medía en kilobytes (que podemos hacer equivalentes a kilómetros). Si los autos hubieran aumentado al ritmo de las computadoras, para medir la velocidad habríamos tenido que inventar los megámetros, los gigámetros y hoy estaríamos empezando a usar los terámetros, que serían equivalentes a 1.000.000.000.000 de metros. Para algunas aplicaciones específicas hablaríamos ya de petámetros y exámetros, siendo este último un millón de veces más que un terámetro, o sea, un 1 seguido de 18 ceros expresado en metros.

Es importante aclarar que esta comparación no conlleva una crítica a la industria automotriz o aeronáutica. Resulta claro que no sería posible (¡ni deseable!) que los aviones y los autos se movieran a velocidades como las mencionadas. El único punto de este ejercicio de pensamiento es mostrar cuán acostumbrados estamos a que las cosas a nuestro alrededor evolucionen de manera lenta y cuán único y diferente a todo lo conocido es el avance de la informática.

## **LA REALIDAD SUPERA A LA FICCIÓN**

Como consecuencia de este inesperado ritmo de cambio, a diferencia de lo que ocurrió con las predicciones incumplidas en las demás áreas de la tecnología, a la hora de proyectar el futuro de la informática por primera vez sucedió lo contrario: en lugar de esperar autos voladores y encontrarnos con un Peugeot 504, la realidad fue increíblemente más espectacular de lo que fuimos capaces de imaginar.

Terminada en 1946, ENIAC fue la primera computadora electrónica de uso general. Al momento de ser presentada, era la máquina más potente construida de la historia. No era precisamente portátil: ¡ocupaba una gran habitación y tenía 30 metros de largo! Intentando dar una idea de su progreso

futuro, la revista *Popular Mechanics* pronosticó: “Mientras que ENIAC está equipada con 18.000 tubos de vacío y pesa casi 30 toneladas, los ordenadores del futuro podrán tener sólo 1.000 tubos de vacío y pesar apenas una tonelada y media”. Sesenta y cinco años después, un teléfono celular inteligente pesa apenas 150 gramos y posee un poder de cómputo millones de veces superior que aquella prodigiosa máquina.

La historia de la informática está plagada de citas que, analizadas en retrospectiva, lucen tan absurdas que todos sus autores niegan haberlas dicho. Lo llamativo es que surgieron de las personas que, en ese momento, más sabían sobre esta disciplina en todo el mundo.

En 1943 Thomas Watson, presidente y figura emblemática de IBM, afirmó: “Creo que hay un mercado mundial de, como mucho, cinco computadoras”. Por su parte, Ken Olsen, fundador de Digital Equipment Corporation, sostuvo en 1977: “No hay razón para que alguna persona quiera tener una computadora en su casa”. Otro ejemplo es la afirmación de Bill Gates, fundador de Microsoft, en 1981: “640 kilobytes de memoria debieran ser suficientes para todo el mundo”.

¿Por qué ocurrió esto? Porque acostumbrados por miles de años a convivir con cambios lineales, los humanos somos muy malos lidiando con fenómenos exponenciales. En todos los órdenes de la vida estamos habituados a usar el pasado como referencia para inferir el futuro. Por ello, cuando entra en juego un fenómeno exponencial como sucede con la informática, cuanto más sepa alguien y más embebido haya estado del ritmo de cambio anterior, más difícil es que pueda anticipar lo que depara el futuro.

## LA CAÍDA EXPONENCIAL DE LOS COSTOS

Este progreso extremo también se expresa a través del desplome del precio de los productos electrónicos que usamos. Mientras que el costo de un auto o un avión –que no nos dan prácticamente nada distinto– ha aumentado sostenidamente a un ritmo mayor que la inflación del mundo desarrollado, el precio de las computadoras tiende a mantenerse estable o a caer, pese a mejoras drásticas en su performance.

En 1985 la empresa XComp publicó un aviso que promocionaba “El disco duro que estabas esperando”. La oferta era brindar un disco con una capacidad de 10 MB al “modesto” precio de 3.398 dólares. Menos de treinta años después, al momento de la publicación de este libro es posible comprar en Amazon un disco duro de 3 TB a 115 dólares. Dentro de ese disco, 10 MB tienen hoy un costo de 0,00038 dólares, casi 10 millones de veces menos. Esta caída de costos de los productos electrónicos en general queda parcialmente disimulada por la incorporación de más y más funcionalidades a un precio total que no aumenta o decrece.

La Biblioteca del Congreso estadounidense posee la mayor colección de libros del mundo: más de 36 millones de títulos y 1.300 kilómetros de estanterías. La combinación del aumento de la capacidad y la reducción de los precios hace que hoy sea posible guardar digitalmente todo ese volumen de información en seis de esos discos, gastando menos de 1.000 dólares.

Otro modo de ver la magnitud de la caída: si el precio que tenían los aviones y los autos hubiese caído en una magnitud similar, hoy un billete de un dólar bastaría para comprar diez aeronaves y, con el vuelto, podríamos comprar varios miles de autos.

## **LA PARADOJA DEL PRESENTE**

Todo este avance asombroso en la potencia de los productos informáticos y la reducción en su costo no hace más que subrayar la desconcertante paradoja del presente: llevamos en nuestro bolsillo o cartera una prodigiosa computadora más poderosa que ENIAC, conectada de manera permanente e inalámbrica a una red que une a billones de dispositivos equivalentes, y nos permite acceder a un volumen de información prácticamente ilimitado. Y sin embargo, la mayoría usamos semejante herramienta para mirar videos de gatos tocando el piano en Youtube, o enviar mensajitos de texto que dicen: “Llego media hora tarde por el tránsito”.

A pesar del enorme potencial del avance exponencial de la informática, todo a nuestro alrededor sigue cambiando de manera lineal y lenta. Es cierto que disfrutamos de televisores cada vez más grandes y teléfonos celulares más chicos. Nuestra vida se plagó de productos electrónicos de consumo. En apenas treinta años pasamos de tener que pedir una llamada de larga distancia a una operadora con tres horas de antelación pagando una fortuna el minuto, a hablar con una persona al otro lado del mundo gratis y con mejor calidad de sonido de lo que tenía una llamada dentro de nuestra propia ciudad.

Pero los elementos centrales de nuestra vida no cambiaron. Las computadoras crecieron exponencialmente en el marco de un mundo que no tomó nota de ello, que no se hizo cargo, que no sufrió el impacto de ese fenómeno. Hasta ahora.

## **EL FIN DE LA EVOLUCIÓN LINEAL DE LA ESPECIE HUMANA: 50 AÑOS QUE VALEN POR 5.000**

¿Cambió mucho el mundo en los últimos 5.000 años? Si uno debiera responder a esta pregunta de manera intuitiva diría que sí. En muchos aspectos de la vida cotidiana las diferencias entre el pasado

y el presente parecen enormes. Basta contrastar, a modo de ejemplo, el tiempo que tomaba a una noticia viajar incluso distancias cortas, con la posibilidad actual de hablar en video conferencia con alguien al otro lado del mundo con un costo nulo o irrisorio.

Sin embargo, si comparamos a un hombre o a una mujer que haya vivido hace 5.000 años en el Antiguo Egipto con una persona contemporánea, notaremos que en los aspectos más profundos y esenciales que nos definen como humanos prácticamente nada ha cambiado.

Tanto uno como el otro comenzaron su vida a partir de la fecundación de un óvulo por un espermatozoide, con la mitad de su información genética proveniente del padre y la otra mitad, de la madre. Es la única forma en que han sido concebidos todos los seres humanos hasta ahora.

Iniciada la vida de ese modo, ambos desarrollaron un cuerpo, cuya apariencia y funcionalidad es hoy exactamente igual que entonces. Los seres humanos no hemos tenido ni un solo “upgrade de hardware” en 5.000 años.

Lo mismo puede decirse de nuestra mente: más allá de haber ganado algún punto adicional de coeficiente intelectual producto de una mejor alimentación, el cerebro tiene hoy esencialmente las mismas capacidades.

Finalmente, el final de la vida es otro rasgo común. Ambos crecieron, envejecieron y, eventualmente, murieron víctimas de alguna enfermedad o producto del envejecimiento mismo. Al humano contemporáneo ya le llegará la hora. ¿O no?

Estos cuatro aspectos esenciales del ser humano han permanecido sin modificaciones por muchos milenios. Sin embargo, como el resto del libro se ocupará de desarrollar, nos encontramos a la orilla de un punto bisagra: a partir del uso de computadoras para generar avances científicos y tecnológicos, todos estos rasgos que nos definen podrán cambiar, generando en los próximos cincuenta años una transformación mayor a la que ocurrió en los últimos 5.000.

En el pasado, el precio de haber pensado el avance tecnológico con ingenuidad y soñado con autos voladores fue el ridículo o el desencanto. Quizá por la decepción de habernos ilusionado antes con un futuro que jamás llegó, o por habernos asustado con riesgos inexistentes como el Y2K, cualquiera que hoy plantee un futuro con cambios radicales, positivos o negativos, se enfrenta con una barrera importante de escepticismo.

Ya sea frente al anuncio de un nuevo tratamiento para el HIV o a las continuas alertas por el calentamiento global, la opinión pública parece recibir las novedades científicas con indiferencia, a menudo cautivada por los espejitos de colores de las frivolidades del presente.

Parte de esa distracción es el foco en los dispositivos electrónicos como fétiches. Si comunicamos el lanzamiento de un nuevo modelo de teléfono celular que apenas añade unas pocas funciones (que nadie usa), toda la prensa mundial cubrirá el evento. Desde semanas antes foros especializados y

adoptantes tempranos especularán sobre cada detalle del nuevo aparato. Ahora si anunciamos un impresionante logro científico con grandes aplicaciones potenciales a nuestra vida en el mediano plazo, con suerte algún medio masivo cubrirá el asunto en su sección de Información General, noticia ante la cual casi todos nosotros seguiremos de largo sin prestarle demasiada atención. Los cambios más profundos que traerá el futuro no pasan por celulares más pequeños o televisores con mayor resolución sino por los descubrimientos científicos que se están gestando hoy alrededor del mundo.

## **LA ERA DE LA CIENCIA EXPONENCIAL**

Con marchas y contramarchas, estancamientos y hallazgos, la ciencia construyó lentamente a lo largo de la historia las bases sobre las que se sustenta el mundo actual. Las computadoras hasta aquí casi no jugaron rol alguno en este proceso, salvo en los últimos años al reemplazar a la máquina de escribir y aumentar la interconexión de los especialistas y la difusión de las ideas. Pero la clave de este punto bisagra está en la incorporación de la informática en el corazón del proceso de construcción de conocimiento.

Tomemos como ejemplo la biología. ¿Cómo funcionó históricamente esta rama de la ciencia? Doscientos años atrás Charles Darwin se subía a un barco y recorría el mundo para buscar nuevas especies animales. Llevaba consigo una libreta en la que tomaba apuntes. Entonces, cuando veía una especie nueva, digamos un sapo desconocido hasta ese momento, seguía una serie de pasos para investigar sus características y costumbres.

En su intento por aprender acerca de ese ser, primero lo describía y lo dibujaba, y luego lo clasificaba: “Es un batracio, un anfibio, un vertebrado”. En su afán por seguir comprendiendo, el siguiente paso era atrapar un espécimen: para seguir aprendiendo cosas sobre este sapo no había otra alternativa que... abrirlo al medio y ver qué tenía adentro, cómo “funcionaba”. Finalmente, el último paso de este proceso era manipularlo: en el contexto controlado de un laboratorio, lo sometía a experimentos que nos informaran más y más cosas sobre ese ser. Así, de manera lenta y lineal, adquiriríamos conocimiento biológico acerca de este sapo.

Esta realidad de dos siglos comenzó a cambiar hace poco más de diez años, cuando por primera vez fue posible “leer” el genoma de cualquier ser vivo. En el núcleo de cada una de las células de ese sapo ahora nos encontramos con el ADN, una molécula que se compone de cuatro sustancias llamadas adenina, citosina, timina y guanina, simbolizadas con las letras A, C, T y G.

Secuenciar un genoma significa ser capaces de mirar esta secuencia de sustancias y escribirla como una serie de letras. Es en la secuencia en que se alternan como se codifica todo lo necesario para el desarrollo y funcionamiento de ese ser vivo. El genoma funciona como los “planos” que

permiten fabricar y hacer funcionar al sapo y puede escribirse como una serie muy larga de estas cuatro letras. Lo trascendente de este cambio es que, desde el instante en que es posible leer su genoma, el sapo deja de ser solamente un sapo ¡y se convierte en información! En esa extensa serie están escondidos muchos secretos de la “sapitud”, las características únicas y comunes que distinguen a ese individuo y a esa especie de todas las demás.

Las computadoras se destacan precisamente en procesar información. No sólo lo hacen a la perfección, sino que, Ley de Moore mediante, su capacidad se duplica cada 24 meses. Por eso, gradualmente el proceso de investigación biológica comienza a combinar los laboratorios llenos de personas con delantales blancos y tubos de ensayo con gabinetes informáticos en los que grupos de “nerds” intentan diseñar algoritmos más y más poderosos para entender la información biológica que nos brinda el ADN. Esto dio lugar al surgimiento de un nuevo campo interdisciplinario llamado “bioinformática” que combina la biología tradicional con elementos de computación científica, matemática, estadística e ingeniería.

A diferencia de la biología tradicional, es esperable que la bioinformática avance al ritmo al que aumenta el poder de procesamiento de las computadoras y al que mejoran los algoritmos y programas de análisis de datos. Al igual que en el ejemplo de los 30 pasos, los fenómenos exponenciales prueban ser antiintuitivos. Si comparamos una ecuación lineal con una exponencial, advertiremos que en la etapa inicial de un proceso exponencial, el ritmo de cambio parece aún más lento que en uno lineal. Pero si dejamos que el tiempo avance, la curva exponencial comienza a mostrar su verdadera cara, igualando primero al fenómeno lineal, para dejarlo absurdamente atrás de manera repentina.

Este fenómeno no se limita a la biología, disciplina que usamos hasta aquí sólo a modo de ejemplo. Muchas otras ciencias, como la medicina y la neurociencia, ya comenzaron su integración con ciencias de la información, abriendo la puerta a la evolución exponencial en esos campos. Es probable que en las disciplinas científicas todavía no hayan existido cambios bruscos porque su transición exponencial se encuentra aún en esa fase temprana. Pero debemos estar preparados para el momento en que se alcance el punto de inflexión.

## **EL FUTURO DEL FUTURO**

La biología, la medicina, la neurociencia y la inteligencia artificial, al convertirse en ciencias y tecnologías de la información, están atravesando el punto bisagra que separa el desencanto recurrente de la imprevisibilidad exponencial. Así, la bioinformática, la biología sintética, la medicina personalizada o nuestro entendimiento del cerebro, entre otras aplicaciones, prometen cambios vertiginosos en las próximas cinco décadas, mucho más profundos que los acontecidos en los últimos

cinco milenios.

Por este motivo, si pudiéramos a los principales expertos mundiales en estos campos que predigan qué va a ocurrir en sus ámbitos de especialización de aquí a cincuenta años, casi seguro descubriremos, dentro de medio siglo, que sus predicciones sonarán tan desajustadas con la realidad como nos resultan hoy las de Gates, Watson y Olsen. Es más, cuanto más expertos sean y más sepan del pasado de sus disciplinas, más difícil es que puedan imaginar y aceptar lo que viene.

La era de la ciencia exponencial nos permitirá acceder a posibilidades hasta aquí impensadas, que van desde la generación de vida artificial hasta la modificación de nuestra propia especie, desde crear máquinas más inteligentes que nosotros hasta torcerle el brazo a la muerte y extender indefinidamente nuestra existencia. En los próximos capítulos discutiremos lo que está sucediendo en esos campos y el impacto sobre nuestras vidas.

Parece haber llegado el momento de dejar atrás el desencanto de los vaticinios incumplidos. Hoy podemos volver a pensar en futuros asombrosos, porque existirán las herramientas para materializarlos.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN: [HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP1](http://libro.bilinkis.com/cap1)



## CAPÍTULO 2

BIOLOGÍA  
 **sintética**   
— Y EL —  
 **LENGUAJE**   
— DE LA —  
 **VIDA**

## NUESTROS AMOS, LOS GENES

Hasta mediados del siglo XIX, el conocimiento sobre el origen y evolución de la vida y la herencia entre generaciones era muy limitado. Sin embargo, en un período de menos de diez años, dos de los trabajos científicos más importantes de la historia cambiaron por completo nuestra perspectiva y entendimiento de esta cuestión esencial.

Entre 1856 y 1863, un monje austríaco que vivía en una abadía en la actual República Checa experimentó con alrededor de 29.000 plantas de arvejas: las observó, las cruzó y analizó las sucesivas generaciones resultantes. A partir de esas observaciones Gregor Mendel determinó tres leyes que comunicó el 8 de febrero de 1865, dando el puntapié inicial de la ciencia genética en el mundo. Las primeras dos leyes describen cómo las características hereditarias se definen a través de genes, que se presentan en pares, mitad recibido de cada progenitor, e introducen el concepto de dominancia y recesividad para explicar cuál de los dos domina, según el caso. La tercera, el principio de distribución independiente, indica que los rasgos, por ejemplo el color de ojos y el del cabello, se reparten con independencia unos de los otros.

Apenas unos años antes, en 1859, Charles Darwin había publicado su célebre *El origen de las especies*, donde desarrolló la teoría de la selección natural que permite explicar la evolución de los seres vivos y la existencia de vida en el planeta. De acuerdo con el filósofo Dan Dennett, si quisiéramos premiar la mejor idea jamás pensada por un ser humano, debería ser “la inversión del razonamiento” de Darwin. Contrariando el pensamiento prevalente en su época e incluso hoy, él demuestra que para construir una “máquina hermosa y perfecta” ¡no es necesario saber cómo hacerla! Darwin explica el modo en que, sin necesidad de que exista un creador, puede generarse la complejidad biológica que caracteriza a nuestro planeta a partir de formas de vida sumamente sencillas, a través de mutaciones aleatorias y supervivencia selectiva de los mejor adaptados. Con su maravillosa teoría, comienza a tender un puente desde la física y la materia inanimada por un lado, y los seres vivos, la inteligencia y el sentido, por el otro.

Por ejemplo, a partir de una mutación inicial, una mariposa desarrolla mal sabor en su cuerpo para evitar que otros animales se la coman. Ese cambio, beneficioso para su supervivencia, le permite dejar más descendencia que a otras mariposas de esa especie, esparciendo ese gen mutado y esa característica de manera gradual a todos sus descendientes. Luego, además, gracias a otra mutación, desarrolla un color particular en sus alas, que la hace claramente identificable para los potenciales depredadores: “No comamos estas mariposas, que son las que saben feo”. Eso crea otras oportunidades: eventualmente otro grupo de mariposas, que no desarrolló el sabor feo, puede imitar la coloración de las alas, para que los depredadores las confundan con las primeras y tampoco se las

coman. Este proceso, que suena mejor descrito con una licencia poética como si las mariposas decidieran lo que más les conviene, es por supuesto aleatorio. Los cambios accidentales que resultan favorables en un individuo gradualmente se extienden al resto de la población de esa especie en generaciones sucesivas. El fenómeno de la evolución opera en escalas de miles de años, a partir de cambios graduales, imperceptibles para el período de desarrollo de una vida humana.

Pese a que Mendel y Darwin desconocían en detalle el mecanismo, detrás de ambos fenómenos se esconde el mismo responsable: la molécula de ADN, dividida en pequeños “paquetes” de información llamados genes.

Richard Dawkins, etólogo (estudio del comportamiento de los animales), zoólogo y teórico evolutivo contemporáneo nacido en Kenia, es uno de los mayores defensores y divulgadores de esa teoría. En *El gen egoísta*, quizás el libro más interesante que leí en mi vida, Dawkins da vuelta la ecuación: en lugar de decir que somos individuos que usamos los genes para reproducirnos y heredar nuestras características, sostiene que son los genes quienes nos utilizan con un único objetivo: el afán de sobrevivir. Por eso, todas nuestras características y nuestro comportamiento corresponden sólo a lo que es mejor para “ellos”. Somos el vehículo que utilizan nuestros genes para pasar de una generación a otra. Nuestros gustos y placeres son, en realidad, sus caprichos. Nos manipulan para que hagamos lo que se les antoja. En esa búsqueda de perpetuidad que tienen los genes, la naturaleza fue perpetrando todo tipo de rarezas: desde seres que aprovechan la luz del sol para poder vivir, algo que hoy conocemos como “plantas”, hasta otros seres que se comen esas plantas. En ese proceso, a lo largo de los milenios, los genes fueron capaces de motivar la creación de elementos con un alto nivel de complejidad, como un ojo o un cerebro.

Tal vez pueda sonar exagerado atribuirle dotes de manipulación a algo tan simple como un gen. Sin embargo, esto no sólo es posible sino habitual en nuestra vida diaria. Si tomamos como ejemplo los virus o las bacterias, muchos de ellos al ingresar en nuestro organismo tienen el efecto de enfermarnos. Y casi todos los síntomas que experimentamos cuando tenemos una enfermedad hacen que nuestro cuerpo se comporte fuera de lo habitual a la medida de la conveniencia del virus: nos manipulan haciéndonos estornudar, toser, vomitar, tener diarrea... Todos estos síntomas nos hacen expulsar fluidos del cuerpo que le permiten al virus pasar de un huésped a otro. Hasta tal punto el interés del virus puede primar sobre el nuestro que, en ocasiones, algo tan pequeño puede matarnos para alcanzar sus fines.

*El gen egoísta* analiza los efectos de la genética en la conducta animal, incluyendo a los seres humanos. Nuestros amos, los genes, se esconden inanimados en una molécula de ADN, gobernando nuestros actos para ajustarse a lo que ellos dictan, incluso en algunos aspectos que nosotros, como seres pensantes, consideramos decisiones tomadas con libertad. La conclusión de Dawkins es

también una inversión del razonamiento: creemos ser seres libres, cuando en realidad en gran medida somos esclavos.

Pero la rebelión está cerca y consiste, finalmente, en someter a nuestros amos y que obedezcan nuestros designios.

## **BIOLOGÍA SINTÉTICA: REDISEÑANDO SERES VIVOS**

El paso de disciplinas como la biología del crecimiento lineal al exponencial abre nuevas posibilidades, hasta hace poco impensadas. Una de ellas es la Biología Sintética. Nacida en la frontera entre la biología y la ingeniería, esta nueva rama se dedica a diseñar y crear sistemas biológicos nuevos para resolver problemas concretos. Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, cada vez que nos enfrentábamos a un problema diseñábamos una máquina para resolverlo. Desde las primeras piedras usadas como martillos hasta los robots más sofisticados, las herramientas utilizadas eran siempre mecánicas o electrónicas.

La biología también se manipulaba, pero mediante mecanismos lentos y de relativamente bajo impacto. La selección de cultivos para favorecer ciertos rasgos en una determinada planta o los injertos vegetales son ejemplos de las rudimentarias manipulaciones biológicas del pasado.

Hoy, a través de la alteración directa del ADN, podemos hacer cosas mucho más radicales, utilizando biotecnología para modificar seres existentes o biología sintética para crear nuevos seres vivos con características y/o funciones novedosas. Veamos un ejemplo ilustrativo: la droga más efectiva para el tratamiento de la malaria es la artemisina, que se encuentra en una hierba llamada *Artemisia annua*. El proceso para obtener la droga a partir de la planta es complejo y lento, dado que la planta toma cerca de un año para crecer. La levadura es un organismo unicelular del reino de los hongos, responsable de la fermentación de muchas sustancias e ingrediente central de la cerveza y otras bebidas alcohólicas. Hace unos años un grupo de científicos de la Universidad de California, en Berkeley, logró algo sorprendente: introducir doce genes en el genoma de este hongo y convertirlo en una impresionante “fábrica biológica” de artemisina. La primera planta de fabricación de esta droga con el nuevo método comenzó a funcionar en 2013. La expectativa es que, a mediano plazo, baje significativamente el precio, facilitando la disponibilidad de tratamiento a millones de personas.

Pensar a las formas biológicas no como lo que son sino como lo que podrían ser, abre un enorme abanico de posibilidades para crear nuevas herramientas y enfrentar los problemas. En todo el mundo algunos laboratorios ya trabajan en aplicaciones de la biología sintética a campos muy variados.

## LA FRONTERA: CREANDO SERES NUEVOS

En el primer capítulo hablamos sobre la relativa indiferencia que acompaña a grandes logros científicos, que con suerte ameritan una mención en la página 40 del diario, con menos relevancia que la crónica de un circunstancial acontecimiento deportivo o el estreno del enésimo y olvidable filme de la saga *Viernes 13*. Quizás el mayor ejemplo de este fenómeno haya ocurrido el 20 de mayo de 2010, día en que Craig Venter anunció la creación de la primera forma de vida sintética. Nada más. Y nada menos.

El camino hacia ese logro asombroso comenzó muchos años antes, con la lectura (técnicamente, el secuenciamiento) de los genomas de las especies más simples: bacterias, algas, hongos. El siguiente paso fue leer los de plantas y animales. Finalmente el desafío radicó en acceder a la genética de nuestra propia especie. Craig Venter es un biólogo estadounidense, célebre por haber liderado el primer equipo privado en leer un genoma humano completo en 2001.

Superada esa meta, “cansado” ya de leer genomas, Venter se planteó un nuevo reto: ser el primero en escribir uno. Para ello, cargó en su computadora una versión digital del genoma de una bacteria que ya había sido secuenciado y comenzó a hacerle cambios. Luego incorporó una “marca de agua” que identificara de manera inequívoca a ese genoma modificado: usando un cifrado particular, introdujo en el código de cuatro letras del ADN una frase del escritor irlandés James Joyce, otra del físico estadounidense Richard Feynman y los nombres y direcciones de mail de los investigadores de su equipo. Una vez hechas las modificaciones, “imprimió” el nuevo genoma en forma de una secuencia de ADN compuesto artificialmente y lo colocó en el núcleo de otra bacteria, a la que previamente le habían retirado su información genética original. La “nueva” bacteria comenzó a vivir, dividirse, a formar una colonia. Así dio origen a la primera forma de vida artificial, que no es producto de la creación de un dios pero tampoco de la evolución de Darwin, sino del ingenio humano. Más precisamente, de la imaginación de Craig Venter.

Dado el escaso conocimiento que tenemos aún sobre cómo programar vida, la bacteria resultante era casi indistinguible de la original. Sólo alguien que secuenciara su genoma podría saber que estaba ante la creación de Venter. Por ello, cierta parte de la comunidad científica cuestionó el logro. En una entrevista con el diario *New York Times*, Venter reaccionó enojado: “Perdón por no haber diseñado una criatura nueva que nunca haya existido antes como primera movida. Lo que publicamos es una prueba de concepto. Es como si hubieran dicho: ‘Diablos, ¡hubiera sido lindo que los hermanos Wright construyeran un jet supersónico! Eso hubiera sido mucho más útil’”.

La polémica entre Craig Venter y sus críticos ejemplifica la difusa línea que separa la

biotecnología tradicional de la biología sintética. ¿Cuán distinta debe ser una especie para considerarla nueva? Para contrariar a sus detractores, Venter está abocado a la creación de un genoma desde cero. Quiere que su próximo ser artificial no esté basado en ningún otro, como el caso de la bacteria. No sólo intenta crear vida, también se fijó como desafío lograr el mínimo genoma posible que dé lugar a un ser vivo, y tiene dos equipos en su centro de investigación compitiendo por ser el primero en alcanzarlo.

## **EL ENORME PODER TRANSFORMADOR DE PROGRAMAR VIDA**

Todavía no conocemos lo suficiente el lenguaje de cuatro letras sobre el que se codifica el genoma para realizar cambios profundos o diseñar criaturas complejas enteramente nuevas. Pero el experimento inicial de Venter demuestra dos hechos de enorme trascendencia: por un lado, el ADN fabricado artificialmente funciona y puede dar origen a seres con vida. Por otro, la vida es, en cierto sentido, programable y digital: el día que sí comprendamos a fondo el lenguaje de la vida, las células podrán usarse cual computadoras de propósito general. Bastará escribir el “programa” correcto que uno desee para que la célula lo ejecute y viva de acuerdo con ese algoritmo. ¿Diseñar un perro que en lugar de cuatro patas tenga cinco y que, en vez de ladrar, maúlle? Imposible por ahora. Pero factible en algún momento del futuro.

El camino más sencillo para descifrar el lenguaje de la vida pasa por ser capaces de analizar y comparar el mayor número de genomas posible. La dificultad reside en el altísimo costo de hacerlo. Como referencia, el proyecto público que logró secuenciar el primer genoma humano completo tomó más de once años con un costo de 3.000 millones de dólares. Seguramente después de leer el capítulo anterior estés pensando: “Dado que para secuenciar ADN se utilizan computadoras, el costo debería caer de manera exponencial”. Pero eso no fue lo que sucedió.

Lo que ocurrió fue mucho más asombroso y quizá se trate del avance tecnológico más acelerado de la historia de la humanidad. El equivalente de la Ley de Moore aplicado a la genómica se conoce como “Curva de Carlson”, que grafica la evolución en el tiempo del costo de leer un genoma humano completo. La ley recibió su nombre gracias a Rob Carlson, doctor en Física de la Universidad de Princeton, que predijo que el avance de esta tecnología sería tan veloz como la Ley de Moore. Sin embargo, el progreso fue radicalmente aún más veloz que una caída exponencial. En el transcurso de poco más de una década, el costo cayó de tres mil millones a apenas mil dólares, meta alcanzada por la empresa Illumina a comienzos de 2014. Y el tiempo se redujo a unas pocas semanas. Proyectando la tendencia hacia adelante, resulta esperable que para fines de esta década podamos ir a una farmacia, entregar una muestra, pagar unos pocos dólares y disponer unas horas después de toda

nuestra información genética en una tarjeta de memoria.

Además del impacto potencial sobre la medicina personalizada, de la que nos ocuparemos en el próximo capítulo, esta caída en los costos abre la puerta a crear nuestra propia “Piedra Rosetta” para desentrañar el código que nos permita programar vida sintética.

Las aplicaciones de esta tecnología son enormes. Hoy, por ejemplo, entre otras aplicaciones Venter trabaja desde Synthetics Genomics en el diseño de un alga artificial. Las algas son seres muy simples que, según Venter, reúnen tres características interesantes: capturan energía del sol a través de fotosíntesis, absorben dióxido de carbono causante del efecto invernadero y producen aceite para almacenar la energía que obtienen. Los intentos de usarlas en escala para generar combustible hasta ahora fueron infructuosos. Venter planea cambiar eso “reescribiendo el programa” genético: “Las algas no evolucionaron para producir cientos de miles de litros de combustible por acre. Así que tenemos que forzar la evolución”.

Si resultara exitoso, sólo este desarrollo de biología sintética tiene el poder de transformar de manera profunda la matriz energética del mundo. Si el proyecto suena *a priori* descabellado, Exxon, la mayor petrolera privada del mundo, no piensa lo mismo: invirtió 600 millones de dólares para asegurarse la exclusividad de comercialización de los combustibles si la iniciativa funciona.

Venter no está solo en este esfuerzo. Compañías como Gingko Bioworks emplean a “Ingenieros de organismos” para “desarrollar nuevos organismos que reemplacen tecnología con biología”. Diseñar microbios capaces de convertir gases de efecto invernadero en químicos seguros, bacterias que nos protejan de enfermedades y sustitutos saludables para el azúcar, son algunas de las áreas en las que están trabajando.

En la misma línea, científicos del Centro de Regulación Genómica, liderados por el biólogo español Luis Serrano, intentan modificar a la minúscula bacteria *Mycoplasma pneumonia*, causante de una forma rara de neumonía, para convertirla en un orgánulo que pueda hacerse parte de células de mamíferos y segregar sustancias que reparen funcionamientos erróneos.

La maquinaria biológica presenta una característica interesante: no sólo es capaz de fabricar lo que su metabolismo genera, también puede reproducirse, construyendo nuevas “fábricas”. Si se trata de bacterias u hongos, su combustible frecuentemente son sustancias que nosotros vemos como desperdicio o, peor aun, como polución.

## CONSTRUYE TU PROPIA CRIATURA

La caída en los costos de la genómica tiene una consecuencia adicional: abrir el juego para que mucha más gente pueda experimentar y generar terreno fértil para que aparezcan en escena los

hackers.

Para el público general la palabra “hacker” suele conllevar una connotación negativa, asociada con alguien que ingresa por la fuerza a un sistema informático para robar información o hacer daño. Pero ésa no es la visión de quienes trabajan en tecnología. Un hacker no se define por las cosas que hace sino por cómo las hace, con una fuerte cultura propia centrada en la innovación, la excelencia y la actitud de juego en todo lo que encaran. La definición más habitual los presenta como “personas que disfrutan de explorar los detalles y forzar los límites de los sistemas programables, en oposición a la mayoría que se contenta con aprender lo mínimo necesario”. Esto los hace especialmente irreverentes y les permite como a nadie correr la frontera de lo posible. Los hackers tienen también fuertes principios relacionados a la libre circulación y la gratuidad del conocimiento y la información.

En 1984 Steven Levy escribió un libro donde enaltecía a los hackers como héroes de la revolución informática. Uno de ellos era Bill Gates, quien recientemente declaró a la revista *Wired*: “Si yo fuera adolescente hoy, estaría hackeando biología. Si quieres cambiar el mundo de una manera significativa, ése es el punto de partida”.

Y muchos lo están haciendo. Movimientos emergentes como el Biopunk y el DIYBio (“Biología - Hazlo tú mismo”) pugnan por bajar la barrera y dar acceso masivo a “jugar” con la biología. Raymond McCauley, director del área de Biotecnología en Singularity University, es uno de los creadores de BioCurious, una ONG que provee un laboratorio biológico comunitario para amateurs, inventores y emprendedores, con la meta de “hacer la biología accesible y abierta a todos”.

El Massachusetts Institute of Technology (MIT) creó iGem, una competencia internacional de ingeniería genética para profesores y estudiantes universitarios. La meta es crear sistemas biológicos capaces de operar y añadir alguna función a células vivas. Cuando se realizó por primera vez en 2003 participaron cinco equipos. En su edición 2013 esta cantidad había crecido a 245, con representantes de casi todo el mundo. En 2013, el equipo argentino liderado por el biólogo Alejandro Nadra generó una bacteria modificada para funcionar como detector de arsénico en agua, logrando la primera medalla dorada para Latinoamérica. Y la barrera sigue bajando: desde hace tres años existe una categoría para que compitan ¡estudiantes secundarios! En línea con la cultura hacker de código abierto, todo lo que se genera en estos certámenes va a parar al “Registro de partes biológicas estándar”, donde cualquiera puede descargar el código genético de todos los experimentos anteriores.

Genome Compiler es una herramienta que permite editar material genético como quien edita un documento en un procesador de texto. La meta a largo plazo es que cualquiera pueda diseñar componentes biológicos sin saber nada de biología, como quien diseña hoy un objeto en AutoCAD.

Una vez diseñado, algunas empresas comienzan ya a ofrecer servicios de “impresión” que permiten convertir ese genoma digital en ADN. Aunque el costo todavía es muy elevado, una *startup* llamada Cambrian Genomics promete bajarlo rápidamente lanzando una “impresora láser de seres vivos”.

## **BORRANDO EL LÍMITE ENTRE BIOLOGÍA Y ELECTRÓNICA**

Hasta hace muy poco, la frontera entre los productos electrónicos y las cosas vivas parecía clara e infranqueable. Sin embargo, algunas ventajas de los sistemas biológicos resultaban demasiado tentadoras como para no intentar agregarlas a los dispositivos que usamos. La búsqueda de este cruce dio lugar al surgimiento de la biocomputación, que integra ADN y proteínas para el procesamiento y almacenamiento de datos.

Un buen ejemplo del potencial de esta combinación reside en la extraordinaria capacidad y confiabilidad del ADN para almacenar información. Habiendo logrado ya digitalizar texto, música, imágenes y video a secuencias de unos y ceros, un grupo de científicos del Instituto Europeo de Bioinformática se propuso ir un paso más allá. Convertir esos datos binarios a una secuencia de A, C, T y Gs y grabar esa información generando artificialmente el ADN correspondiente. Los resultados son impactantes: por un lado, si se mantiene en lugares fríos, húmedos y oscuros, puede durar por cientos de miles de años. Por otro, en un gramo de ADN lograron almacenar 700 terabytes (TB) de información, comparable al contenido de 233 discos rígidos de 3 TB que pesarían más de 150 kilos. Si lo almacenáramos en tarjetas de memoria el peso sería menor, pero harían falta casi 11.000 tarjetas de 64 GB.

## **EL ADN COMO ARMA Y OTROS PELIGROS**

Ted Kaczynski era un niño prodigio. Aceptado por la Universidad de Harvard con sólo 16 años, obtuvo un doctorado en Matemática en Michigan y comenzó luego a enseñar. Sin embargo, poco antes de cumplir 30 años se mudó a una cabaña aislada sin electricidad ni agua corriente, donde vivió en total desconexión y desarrolló fobia a la tecnología y un odio visceral hacia el mundo actual. Decidido a intentar generar el colapso del orden tecno-industrial, comenzó a enviar cartas y paquetes explosivos, lo que le valió fama mundial con el apodo de “Unabomber”. En 17 años sus ataques mataron a 3 personas e hirieron a 23. Luego de haber sido identificado por el FBI, fue sentenciado a reclusión perpetua.

La desproporción entre la ambición de sus intenciones, la precariedad de sus métodos y lo limitado de su impacto hoy casi generaría pena. ¿Pero qué clase de daño podría ocasionar un lunático

tan formado como él si utilizara las herramientas biológicas disponibles en la actualidad? ¿Qué sucedería, por ejemplo, si utilizara técnicas de virología sintética para crear un virus nuevo, para el cual el sistema inmunológico humano no esté preparado? La tecnología no es buena ni mala, hasta que alguien decide qué hacer con ella.

En un artículo publicado en 2012 por dos profesores de Singularity University, Andrew Hessel y Marc Goodman, junto al escritor Steven Kotler, aparece otra hipótesis inquietante: el uso del ADN para el diseño de armas biológicas capaces de dañar a una persona en particular.

En nuestro paso diario por el mundo, inexorablemente vamos dejando fragmentos de ADN detrás de nosotros. En el vaso que usamos en un bar, en el billete que entregamos a un taxista, en el pelo que cae sin que nos demos cuenta. Vamos así dejando un rastro de (valiosa) información. Para la mayoría de nosotros esto es apenas una anécdota, pero ¿qué sucede si fuéramos, por ejemplo, presidentes de una potencia mundial con múltiples enemigos potenciales?

Según afirman Hessel, Goodman y Kotler en “Hackeando el ADN del Presidente”, desde 2009 se especula con que oficiales van detrás de Barack Obama recogiendo todos los objetos que utiliza y toca para luego esterilizarlos o destruirlos. Incluso, un cable filtrado por Wikileaks sostiene que la entonces Secretaria de Estado Hillary Clinton ordenó a las embajadas norteamericanas que intentaran disimuladamente recoger muestras de ADN de los jefes de Estado extranjeros y funcionarios de las Naciones Unidas. Otros países probablemente ya estén haciendo lo mismo. De acuerdo con estos tres expertos, la hipótesis de un intento de magnicidio cometido por esta vía con un arma biológica a medida es razonablemente cercana.

Como contracara, el genoma también facilitará la investigación de crímenes, permitiendo comparar el ADN recogido en la escena del crimen con bases de datos preexistentes o muestras obtenidas de potenciales sospechosos, y hasta reconstruir la fisonomía de un fugitivo y producir un identikit a partir de una pequeña muestra de su material genético.

## **REINVENTANDO LA EVOLUCIÓN**

Los avances en ingeniería genética y en ingeniería sintética permiten imaginar que, en el transcurso de las próximas décadas, será posible concebir hijos cuyo genoma incluya fragmentos obtenidos de alguna base de datos genética para prevenir traspasarles potenciales riesgos de salud o incluso para darles ciertos rasgos que nos resulten importantes. Quizá queramos dotarlos con la inteligencia de Einstein o la creatividad de Steve Jobs. O ambas. Recientemente se descubrió que ninguna persona carente de una cierta variante del gen denominado ACE logró subir a un pico de 8.000 metros de altura sin oxígeno. Y que casi todos los atletas olímpicos varones medallistas que pasaron por un

examen presentaban alguna variante del genotipo 577R, un gen que determina la característica de los músculos. ¿Algunos padres querrán asegurar la habilidad deportiva de sus hijos? Tal como fantaseó en 1997 la película *Gattaca*, tal vez en algún momento parezca una locura dejar la genética de nuestros hijos librada al azar simplemente recombinando lo que a sus padres les tocó en suerte.

En el comienzo del capítulo decíamos que somos el resultado de miles de millones de años de pequeñas mutaciones aleatorias. Ése es el mecanismo que nos trajo hasta aquí, pero que por su descomunal lentitud deja de ser relevante a la escala de nuestra vida. Adicionalmente, como destacó Dawkins, nos deja a merced de los deseos de nuestros genes. Después de millones de años de obedecer sus caprichos, estamos en condiciones de sublevarnos. Por eso, la manipulación genética de nuestros hijos, aun cuando pueda sonar perturbadora, es un cambio pequeño comparado con la verdadera posibilidad de tomar pleno control de la evolución de la especie humana.

Es muy común escuchar que somos entre un 96 y un 98 por ciento idénticos genéticamente a los chimpancés. Sin embargo, nadie dudaría que como especie somos muy diferentes. De modo que basta una diferencia de 2 a 4 por ciento en un genoma para hacer una diferencia enorme. Si, por ejemplo, sentamos a un chimpancé a una mesa de conversación, no hay nada que el animal pueda hacer para entender la mayor parte de lo que sucede a su alrededor.

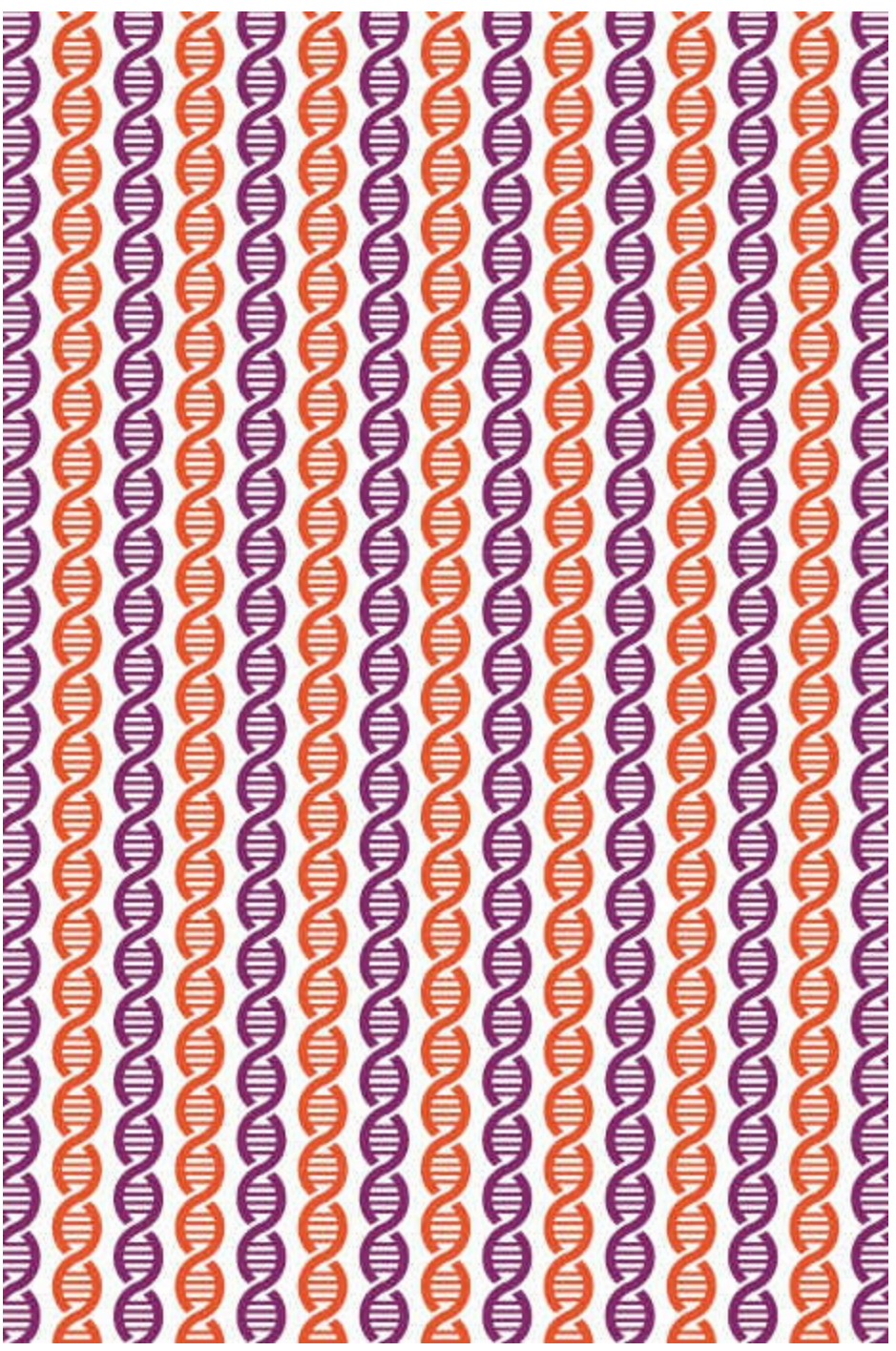
Con este dato en la cabeza, analicemos ahora un futuro cercano en el que el genoma humano pueda también ser intencionalmente reescrito. El dato de los chimpancés nos hace pensar que no es necesario hacer cambios masivos para dar lugar a una especie humana tan distinta de nosotros como nosotros diferimos de los chimpancés.

En su libro *Homo Evolutis*, Juan Enríquez, un brillante académico mexicano radicado hace muchos años en Estados Unidos y socio de Venter en Synthetic Genomics, plantea una pregunta radical: ¿Pertenececerán nuestros hijos a nuestra misma especie? Enríquez explica que a lo largo de la evolución, existieron al menos 29 especies de humanoides, incluyendo, aparte del actual *Homo sapiens*, al *Homo erectus*, el *Homo habilis* o los hombres de Neandertal. Además, se pregunta por qué tenemos que pensar en una única especie humana. “¿Acaso no sería raro ir al África, a la Antártida y a Asia y encontrar el mismo tipo de pájaro?”, cuestiona. “Coexistimos al menos con otros ocho tipos de humanoides, por lo que hasta ahora lo normal no ha sido que haya un solo tipo de *Homo sapiens*, sino varias versiones de seres humanos alrededor.” Una investigación publicada en abril de 2014 indica que nuestros ancestros no sólo convivieron con los Neandertales sino que individuos de ambas especies tuvieron sexo y produjeron descendencia mixta.

Desde el punto de vista genético, la diferencia entre estas dos especies es aun inferior a la que mencionamos entre el hombre y el chimpancé: la similitud genética es de 99,7 por ciento. Es decir, basta cambiar un 0,3 por ciento para que aparezca un grupo humano “distinto” del que predomina en

la actualidad. Y si la diferencia fuera mayor, ¿podríamos sentarnos a la mesa con nuestros descendientes y estar tan perdidos como el chimpancé con nosotros? Quizá tengamos el extraño privilegio de ser la primera especie en el mundo que diseñó a su propio sucesor.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP2](http://libro.bilinkis.com/cap2)





## CAPÍTULO 3

EL FUTURO

DE LA

**SALUD**

Y EL

**TUNEO**

DEL

**cuerpo**

## DE BRUJOS Y MÉDICOS

Hasta el siglo XIX las prácticas médicas se parecían más a la brujería de los antiguos chamanes que a la ciencia: carentes de mejores herramientas, los médicos desangraban pacientes, realizaban enemas y aplicaban ventosas... Todos tratamientos invasivos, que generaban sufrimiento en el paciente y para colmo eran muy poco efectivos. Cuando arreciaba alguna plaga, la gente se moría de a montones.

Hace menos de 150 años, en Buenos Aires la epidemia de fiebre amarilla de 1870 mató al 10 por ciento de la población. La gente tenía tanto miedo de contagiarse, que los que no se morían, se iban de la ciudad, por lo que la población cayó a un tercio del número original. Se creó especialmente el cementerio de Chacarita porque no había dónde poner tantos cadáveres y el de la Recoleta no aceptaba cuerpos de personas que hubiesen sufrido la peste. Los ataúdes se acumulaban en las esquinas. Había sólo 40 coches fúnebres que hacían recorridos fijos para recogerlos. Hasta se montó una estación fúnebre, en la esquina de Jean Jaures y Corrientes, donde las personas podían dejar su ataúd para que sea llevado más tarde en tranvía. Los empleados del cementerio también fueron víctimas: en un solo día, fallecieron 14. Éste es sólo un ejemplo. Más adelante, en el siglo XX, la epidemia de gripe española de 1918 mató entre 50 y 100 millones de personas. En algunas localidades, murió un tercio de la población. El limitado conocimiento del funcionamiento del cuerpo humano y la escasez de tratamientos dejaba a los médicos sin respuesta efectiva ante los pacientes, que morían en cantidades.

## “M’HIJO EL DOTOR”

El gran quiebre en la historia de la medicina ocurrió en 1928, cuando Sir Alexander Fleming descubrió la penicilina. Repentinamente los médicos encontraron por primera vez un tratamiento capaz de curar cuadros infecciosos y salvar la vida a millones de pacientes. A partir de ese momento, los médicos comenzaron a ocupar un sitio de gran honor dentro de la población, y tener un hijo médico se convirtió en la aspiración de toda madre y todo padre.

Este avance y otros posteriores terminaron de consolidar una profunda asimetría: respecto de la salud del propio paciente el doctor sabe mucho y el paciente, casi nada. Dependientes del saber médico, los enfermos escuchaban sumisos e intentaban cumplir con las directivas del médico para poder sanarse. Este lugar prestigioso y poderoso se extendió durante todo el siglo XX.

Un buen ejemplo del poder que proporciona la asimetría es el manejo que desde hace cien años los médicos hacen de la historia clínica. Si bien legalmente ésta pertenece al paciente, normalmente

los médicos registran todo en unas pequeñas fichas de papel, que completan con una letra ilegible para el resto del mundo y que guardan en cajones y gabinetes. El problema se da cuando el paciente necesita cambiar de médico (o el galeno se muere): toda esa información se pierde. Por eso, a mediados de los 90, en Estados Unidos algunas organizaciones comenzaron a propiciar la creación de bancos digitales de historias clínicas, transferibles entre profesionales o instituciones. En ese momento, el proyecto fue un fracaso. No se trató de un problema tecnológico ni legal. La resistencia llegó por el lado de los propios médicos, que veían cada vez más amenazado y restringido su poder: si los datos no estaban en esa fichita guardada bajo siete llaves, el paciente tenía una amplia facilidad para cambiar de profesional.

## **LA ASIMETRÍA INVERTIDA: LOS PACIENTES AL PODER**

A pesar de su resistencia, el altar de los médicos del siglo XX estaba condenado a derrumbarse en el XXI. Por múltiples razones, la llegada de internet da comienzo a una revolución que por primera vez nos permite dirigir el barco de nuestra propia salud e invierte la asimetría médico-paciente que caracterizó al siglo pasado.

Por un lado, la información disponible en la red para los pacientes es virtualmente infinita. Según una encuesta realizada en Estados Unidos, el 80 por ciento de los que buscan información en la web explora algún tema de salud. De hecho, en una encuesta a más de mil personas que realizamos junto a mi amigo y compañero de aventuras Gerry Garbulsky como parte de nuestra columna radial, frente a la necesidad de tratar una enfermedad... ¡más gente consulta a Google (76 por ciento) de la que efectivamente visita a un médico (55 por ciento)!

Muchos doctores vieron esto como una amenaza: preocupados tal vez por el final de la asimetría, reaccionaron atacando la confiabilidad de la información disponible en la web e instando a los pacientes a no buscar. Y mal no les fue: según la misma encuesta, el 97 por ciento de los consultados confía en su médico, el 71 por ciento en un médico desconocido y sólo el 28 por ciento en lo que encuentra girando por la web.

Sin embargo, a juzgar por lo que hacen los pacientes, ante la recomendación médica de no buscar no dejan de hacerlo... dejan de decírselo al médico.

La preocupación por la difusión de datos inexactos en un tema tan sensible como la salud es genuina. El modo de resolver este problema no es descalificar a la red en general sino participar en sitios con información confiable. Muchas instituciones médicas, en especial en el mundo desarrollado, ya comenzaron a construirlos. Eventualmente los médicos, en vez de intentar en vano

que la gente no googlee, “recetarán links”, es decir, dirán a sus pacientes dónde ir a leer información confiable en la web.

Los grandes perjudicados por toda esta masa informativa son los hipocondriacos: tienen miles de síntomas descritos con el mayor detalle posible para comenzar a experimentar.

En ocasiones es la propia búsqueda en la red la que puede brindar datos relevantes a los médicos. Hace unos años Google decidió hacer un experimento: intentó determinar si medir la cantidad gente que buscaba información sobre la gripe funcionaba como herramienta de detección temprana de epidemias. Y los resultados fueron asombrosos. El aumento en el número de consultas en una región específica del mundo brinda potencialmente un alerta muy rápido sobre la existencia de un brote. Sin proponérselo, Google creó un detector de gripe capaz de monitorear sin costo alguno el mundo entero en tiempo real.

## **REDES SOCIALES Y SALUD: ME PASA LO MISMO QUE A USTED**

Se atribuye a Molière haber dicho: “Médicos, hombres de suerte, sus éxitos brillan al sol y sus errores los cubre la tierra”.

Internet llegó, entre muchas otras cosas, para cambiar esta tendencia. Hoy existen en Estados Unidos sitios para calificar a los médicos, como Vitals.com o RateMDs.com, donde uno puede entrar y, a la usanza de los espacios de viajes como TripAdvisor, evaluar la calidad de su médico. Esto aporta una herramienta más a la hora de escoger con qué profesional atenderse, aumentando así el poder relativo del paciente.

También se están posicionando redes sociales que permiten que personas que atraviesan la misma enfermedad, que sufren los mismos síntomas o están sometidas a un tratamiento similar, se reúnan en un ámbito virtual para compartir experiencias, aprender e intercambiar información y consejos. Es el caso de PatientsLikeMe, fundada en 2004 por tres ingenieros del MIT: los hermanos Benjamin y James Heywood y Jeff Cole. Un tercer hermano de los primeros, Stephen, fue diagnosticado con esclerosis lateral amiotrófica, también conocida como enfermedad de Lou Gehrig o enfermedad de Charcot, que produce una parálisis muscular progresiva que deriva en la muerte. La familia, lanzada a la búsqueda de diversas formas de obtener información para mejorar la calidad de vida de Stephen, creó esta plataforma. Hoy el sistema le asigna a cada persona enferma un grupo de usuarios que padecen la misma enfermedad para que comience a interactuar con ellos.

Existe otra red, CureTogether, que informa sobre tratamientos para 637 enfermedades y condiciones. Así, personas con nombre y apellido que consumieron un remedio o que atravesaron

algún tipo de tratamiento, informan qué les ocurrió exactamente: si fue efectivo o no, cuánto duró, si le generó efectos colaterales. Así, se reemplaza el viejo prospecto, con su lenguaje incomprensible, su texto excesivamente largo y sus amenazas ambiguas que hacen que uno renuncie a tomar automáticamente eso que tiene entre manos, por datos claros, concretos y surgidos de experiencias reales. Si un médico diagnostica la enfermedad “x” e indica el tratamiento “y”, es posible ver qué sucedió con todos los pacientes con esa condición, qué indicaciones recibieron y qué resultados tuvieron, comparando la efectividad del tratamiento indicado por el médico con lo prescripto por otros profesionales del mundo entero.

## **MEDIR LA PROPIA SALUD: *QUANTIFIED SELF***

En el ámbito empresarial es sabido que todo aquello que se mide, mejora. Sobre esta filosofía se apoyan herramientas de gestión como los Tableros de Control (Balanced Scorecard) o metodologías como la Calidad Total. Recientemente, este concepto también se está instalando en el universo de la salud, como resultado de un movimiento en el mundo denominado *quantified self*, de gente que mide lo que hace y usa esas estadísticas para tomar decisiones sobre su vida.

Cada vez hay más sitios, dispositivos y aplicaciones que sirven para medir lo que hacemos y nuestro estado de salud y tomar decisiones al respecto. Y cada día aparecen nuevas. Veamos algunas de las cosas que hoy pueden medirse:

- **Actividad física:** Realizar un nivel adecuado de actividad física es clave para prevenir problemas coronarios a largo plazo. Todos los médicos recomiendan realizar un cierto nivel de trabajo aeróbico diariamente. Pero es difícil para los pacientes saber si están cumpliendo. Para resolver ese problema se pueden utilizar dispositivos como Fitbit o Jawbone, que se llevan en la muñeca como una pulsera y registran y envían a una página web cada movimiento que hacemos. En base a esa información, realizan el cálculo de consumo calórico y envían recordatorios si venimos ejercitando por debajo de nuestra meta. Sin necesidad de comprar un dispositivo, hay aplicaciones móviles como Endomondo o RunKeeper que usan el GPS del celular para registrar cuánto y a qué velocidad corremos cuando salimos a ejercitar. Basis, por su parte, es un reloj que agrega a los sensores de movimiento la posibilidad de registrar los latidos cardíacos, el grado de transpiración y la temperatura de la piel. En la encuesta que realizamos junto a Gerry Garbulsky como parte de nuestra columna radial, el 80 por ciento de los más de mil encuestados manifestaron que les gustaría poder medir su nivel de actividad.

- **Peso:** Muchas personas tienen desde hace tiempo el hábito de pesarse regularmente. Pero hay balanzas nuevas, como la fabricada por la compañía Withings o la Fitbit Aria, que agregan mediciones adicionales al peso, como el porcentaje de grasa corporal, la frecuencia cardíaca y hasta la pureza del aire en la habitación en que dormimos. Adicionalmente incorporan Wi-Fi, de modo que todos los datos se suben automáticamente a un sitio web que nos permite ver desde nuestra computadora, tableta o celular la evolución diaria, por rango de fechas, máximos y mínimos. Un 63 por ciento de los consultados mostraron interés en medir esta variable.

- **Sueño:** Algunas de las pulseras mencionadas en el párrafo referido a la actividad física permiten también medir la duración y calidad de nuestro sueño, analizando cuánto tiempo nos tomó dormirnos y cuánto sueño liviano y profundo tuvimos. Pero para establecer con mayor precisión qué tan bien dormimos, existe Zeo, que incorpora una vincha que captura información más detallada sobre lo que sucede en nuestra cabeza durante la noche. Cinco de cada seis encuestados desearían poder medir la calidad de su descanso. Otro aspecto que se ha intentado controlar es el contenido de nuestros sueños, a través de aplicaciones inductoras: el usuario indica con qué quiere soñar y la aplicación hace sonidos específicos para promoverlo. Finalmente, otra variable que podemos mejorar con la tecnología es el momento ideal para levantarnos. Despertarse durante una fase de sueño liviano nos permite comenzar la actividad más fácilmente y con más energía. Una nueva generación de despertadores inteligentes puede detectar cuál es el momento ideal para interrumpir el descanso, haciendo sonar una suave alarma en una etapa de sueño ligero dentro del rango de hora a la que tenemos que levantarnos.

- **Estado de ánimo:** Affectiva es una compañía surgida del MIT, que está desarrollando un método que permite inferir los estados emocionales en base a las expresiones del rostro de una persona. Todavía se utiliza desde una computadora, pero en poco tiempo debería poder funcionar en dispositivos como los anteojos Glass de Google, que registran nuestro rostro de manera permanente. Tal vez estés pensando que no es necesario que alguien ajeno nos diga cómo estamos de ánimo. Pero numerosos experimentos demuestran cuán lábil e imprecisa es nuestra apreciación de nuestro propio estado emocional y el de los demás.

Finalmente, una de las variables que sería clave medir y para la cual aún no hay una solución adecuada es la ingesta de alimentos. Si bien existen aplicaciones que apuntan a eso, medir lo que uno come requiere llevar un registro manual e incluso pesar lo que nos servimos en el plato. Imagino que en un tiempo habrá tenedores que pesen y analicen lo que nos llevamos a la boca. Atención emprendedores, he aquí una oportunidad de negocio...

Todavía estamos en los albores de esta tendencia, dado que cada dato requiere un dispositivo

individual y que algunas mediciones aún son de una calidad precaria; pero estos primeros desarrollos marcan hacia dónde va el avance en este mundo del *quantified self*. Quienes predican que el reloj pulsera ya no tiene razón de ser, se equivocan. Seguramente retorne como un nuevo dispositivo que, además de marcar la hora, controle de manera continua los signos vitales, el estado de ánimo y otras variables relacionadas con nuestros hábitos y nuestra salud.

Todas estas herramientas también contribuyen a afectar el balance de la relación médico-paciente. Veamos un ejemplo interesante: Derek Jacoby es un canadiense que fue mi compañero de clase en Singularity University. Padece de gota y solía sufrir fuertes dolores articulares. Los médicos no lograban dar con respuestas adecuadas, por lo que Derek decidió tomar el control de la situación. Poco a poco se fue convirtiendo en un fanático que medía todo lo que hacía: comía algo y se fijaba si eso incrementaba o apaciguaba el dolor, lo mismo si practicaba algún tipo de actividad física, si consumía algún remedio o si realizaba alguna tarea. A partir de la información que iba recogiendo manualmente o con sensores como los ya mencionados, fue modificando sus hábitos y logró revertir los síntomas de manera gradual hasta que prácticamente estuvo curado. Sigue yendo regularmente al médico, pero sólo para que autorice los estudios, tratamientos y remedios elegidos por él. Si el médico quiere opinar, ¡Derek simplemente busca otro médico!

La mayoría de nosotros no tendríamos el conocimiento necesario para gestionar nuestra propia salud. En ese sentido, el ejemplo de Derek es algo extremo. En este nuevo mundo de pacientes empoderados, los médicos seguirán ocupando un lugar central, pero muy diferente del que tuvieron en el pasado.

## **SECUENCIAMIENTO DEL GENOMA HUMANO: GENOMA PARA TODOS**

Sin esperar que el alto costo de secuenciar el genoma completo caiga hasta estar al alcance de todos, algunas empresas están ofreciendo el servicio de decodificar las partes “interesantes” a un precio mucho menor y usar esa información para conocer nuestra propensión a padecer (o no) ciertas enfermedades.

23andMe es un sitio que a partir del eslogan “Bienvenido a vos”, vende un kit por 99 dólares (al momento de la publicación del libro). El esquema es muy sencillo: luego de abonar, recibimos por correo un tubo de ensayo especial. Debemos llenarlo con saliva y ponerle un tapón que a su vez libera una sustancia para conservar el líquido. Lo enviamos nuevamente por correo y tres semanas después recibimos, a cambio, un *password*. Con ella, entramos a nuestro perfil personal en el sitio y encontramos la siguiente información:

- Cuáles son las enfermedades que tenemos un riesgo mayor o menor que el promedio de la población de contraer.
- Rasgos generales de salud.
- De qué mutaciones recesivas somos portadores sanos, lo que, combinado con la misma información de nuestra pareja, permite anticipar qué problemas genéticos podrían manifestarse en los hijos.
- Sensibilidad particular a determinados tipos de drogas (cafeína, heroína, remedios).
- Potencial de quedar calvos y hasta qué forma adoptaría la calvicie.
- Resistencia a la malaria o al HIV.

El sitio no sólo analiza aspectos médicos, sino también cuestiones vinculadas con la identidad. En mi caso particular, mis dos abuelas nacieron en Polonia, un abuelo en Ucrania y uno en Argentina, hijo de inmigrantes rusos. Analizando la procedencia geográfica de mis genes resulta que soy 99,9 por ciento europeo: predominantemente ruso, en segundo lugar ucraniano y en tercer término, polaco. ¡Así que parece que todos en mi familia eran quienes dijeron ser!

Otro aspecto interesante es que funciona como una red social, poniéndonos en contacto con posibles familiares desconocidos basados en la similitud genética. También permite descubrir si uno es descendiente remoto de alguna de las figuras más importantes de la historia.

A partir de esto último, sumo una anécdota. El cromosoma Y sirve para determinar la descendencia por línea paterna, ya que pasa intacto del padre a su hijo varón sin mezclarse con información genética de la madre. En la década del 90, un grupo de investigadores tomaron muestras de sangre de muchos europeos. Las analizaron y determinaron que, como había una importante variedad de cromosomas Y, éstos debían provenir de orígenes muy diversos. En cambio, el mismo estudio realizado en Asia, en países como China, Mongolia o Pakistán, para sorpresa de los investigadores demostró que muchísimas personas tenían el mismo cromosoma, es decir, provenían del mismo padre. El análisis determinó que tenía una antigüedad de entre 800 y 1.000 años. Además, se volcó en un mapa el sitio donde había sido tomada cada muestra con ese cromosoma y se descubrió que la distribución geográfica coincidía con el despliegue del Imperio Mongol en la época de Gengis Khan. Cuenta la leyenda, ahora casi comprobada, que cuando el conquistador tomaba una ciudad hacía matar a todos los hombres y se reservaba a las mujeres más jóvenes y bonitas. El resultado: 1 de cada 200 varones en el planeta es descendiente directo del famoso guerrero mongol, lo que representa alrededor de 16 millones de personas.

Por eso, no estaría de más que los mongoles comenzaran a utilizar una aplicación creada en Islandia para evitar un romance con un familiar. Como el país tiene una población pequeña (328.000 habitantes) y bajos niveles de inmigración y emigración, posee poca diversidad genética. Así, esta

*app* informa, en el celular o en la tableta, que esa chica bonita o que ese joven apuesto con quien acabamos de establecer diálogo... es un primo.

Retomando: el acceso a conocer la predisposición genética a padecer diferentes enfermedades es otra de las maneras en las que la tecnología está enriqueciendo el proceso de toma de decisiones sobre la propia salud. Este cambio compromete la práctica médica actual al punto que a comienzos de 2014 la agencia gubernamental que regula alimentos y drogas (FDA) forzó a 23andMe a no dar más información de salud y limitarse sólo a datos genealógicos. La disputa legal todavía no está zanjada y 23andMe espera volver a brindar datos de salud a la brevedad.

## CONSTRUYENDO EL MAPA DE LA SALUD Y LA ENFERMEDAD

En la gran mayoría de los casos, la aparición de una enfermedad es causada por la combinación de una predisposición genética, las circunstancias ambientales y los hábitos de vida, como alimentación, sobrepeso, consumo de tabaco o grado de sedentarismo. La posibilidad de acceder simultáneamente a la información genética que nos brindan sitios como 23andMe y a las mediciones generadas por dispositivos de *quantified self* configuran la escena justa para el próximo gran desafío: entender cómo interactúan la genética y el ambiente en el proceso de enfermarnos.

Para intentar armar este rompecabezas, el emprendedor argentino Daniel Nofal lanzó Wikilife, una plataforma que recolecta y distribuye información de salud que abarca todo el ciclo de vida. Apunta tanto a individuos como a miembros de la comunidad científica y tiene como objetivo generar registros detallados de nutrición, actividad física, estado de ánimo, sueño, condiciones de salud, tratamientos, análisis de laboratorio, sistemas de diagnósticos por imágenes, tests psicológicos y de inteligencia y hasta información sobre ADN. El objetivo es observar qué enfermedades aparecen en una persona en particular e indagar en su origen en base al detalle de su información genética y a la historia detallada de los factores ambientales en su vida.

A su vez, una compañía llamada MEDgle utiliza las técnicas más avanzadas de análisis de datos para emular la manera en que los médicos analizan la información y realizan diagnósticos, pero aplicándola a toda la bibliografía médica disponible para realizar “predicciones híper personalizadas”. Es un volumen colosal de información, actualizada en tiempo real, que por supuesto ningún médico humano podría tener en su cabeza.

La conjunción de todos estos avances preannuncia la llegada de una medicina diferente caracterizada por lo que se conoce como “las 4 P”: personalizada, preventiva, participativa y predictiva.

## DE CURARNOS A REPARARNOS

Hasta aquí este capítulo describió herramientas que nos permiten conocer y actuar sobre de nuestro cuerpo cambiando ciertos hábitos y conductas para modificar los funcionamientos indeseados. Pero las intervenciones para hackear nuestro cuerpo no terminan allí: además de usar dispositivos y herramientas como los descritos anteriormente, cada vez usamos herramientas tecnológicas más sofisticadas para reparar partes que no funcionan o reponer miembros perdidos.

Desde artefactos simples como un par de anteojos o una amalgama, hasta otros mucho más sofisticados como un marcapasos, la incorporación de tecnología en nuestro cuerpo no es algo nuevo. Observemos cómo evolucionaron las prótesis.

Frente a la fatalidad de sufrir un accidente o una amputación, el ser humano siempre intentó encontrar maneras de recuperar parte de la funcionalidad perdida. Al principio, fueron las patas de palo, como las de los piratas de los cuentos: una persona perdía una pierna y se la reemplazaba con un objeto de madera que sólo servía para apoyarse en el piso, enganchada al cuerpo a través de unos horrorosos ganchos metálicos. ¿Y los que perdían una mano? Tal vez el Capitán Garfio, eterno enemigo de Peter Pan, tenga algo para aportar al respecto. Luego, comenzaron a ganar en calidad estética. Hoy, la mayoría de las prótesis disponibles comercialmente son más livianas, fáciles de colocar y de quitar. Sin embargo, no difieren mucho en su aplicación de las originales: apenas extender un muñón hasta el suelo.

Actualmente están pasando muchas cosas en este ámbito. La empresa BeSpoke Innovations, fundada por el profesor de Singularity University Scott Summit, tiene por lema: “Porque cada cuerpo es diferente del otro”; por ende, cada prótesis también debe serlo. De este modo, propone a quienes hayan perdido una pierna, escanearles la sana en 3D, invertirla para darle simetría y “fabricar” una sumamente similar a la perdida. También brinda nuevas posibilidades estéticas, mediante la elección de tatuajes, formas y colores al gusto del destinatario. ¿El resultado? En algunos casos, la nueva pierna prostética se ve más “bonita” que la otra extremidad biológica. Esto ya es una realidad disponible en el mercado.

Un paso más allá, las extremidades robóticas (de las que ya existen numerosos prototipos) son tecnológicamente posibles pero aún no están disponibles masivamente. Uno de estos proyectos es el desarrollado por el inventor Dean Kamen, con el apoyo económico de DARPA, la agencia militar científica estadounidense. Con un presupuesto de más de 30 millones de dólares desde 2005, Kamen desarrolló el “Luke Arm” (el “brazo Luke”, llamado así en honor al personaje Luke Skywalker, de *La guerra de las galaxias*). Se trata de un brazo robótico que se conecta directamente a los nervios del antebrazo, lo que permite manejarlo directamente con el pensamiento. Para demostrar su precisión,

en un programa televisivo Kamen llevó a un veterano de Vietnam munido con un Luke Arm a un supermercado y le pidió, entre otras cosas, que agarrase el blíster de un medicamento y una naranja. Ambas son acciones que involucran distintas habilidades de la motricidad fina y que hasta ahora ninguna prótesis había podido realizar. En efecto, hasta el desarrollo de Kamen, una de las principales dificultades de los prototipos de brazos robóticos era graduar adecuadamente la presión aplicada a los objetos para que la mano robótica no los dejara caer ni los destruyera por la fuerza aplicada. El Luke Arm puede cumplir muchas de las funciones de un brazo biológico.

Frente a las parálisis parciales o la atrofia muscular también comienzan a utilizarse exoesqueletos, estructuras externas capaces de posibilitar o facilitar el movimiento de personas con movilidad o fuerza muscular reducida. Ekso Bionics fabrica un traje capaz de detectar pequeños movimientos de quien lo utiliza y amplificarlos mediante motores para lograr una caminata normal. Un paso más allá, HAL, un exoesqueleto fabricado por la compañía japonesa Cyberdyne, “siente” los pensamientos de quien lo usa y responde a las órdenes del cerebro ejecutando los movimientos deseados.

Claire Lomas es una mujer británica que en 2007 sufrió una grave lesión de su espina dorsal al caer de su caballo. Se rompió el cuello, la espalda y varias costillas, y quedó paralizada desde el pecho hacia abajo. Uno de los hitos más notables y conmovedores en el uso de este tipo de dispositivos ocurrió a mediados de 2012: con el fin de recaudar fondos para la investigación sobre lesiones de columna, utilizó un traje de diseño israelí llamado ReWalk para completar la Maratón de Londres. Pese a la falta total de movilidad de sus piernas, Claire pudo recorrer los 42 km en un proceso que duró 17 días.

Después de devolver el movimiento, la siguiente meta fue restaurar las sensaciones. En febrero de 2014 un grupo de investigadores suizos e italianos implantaron un brazo robótico a un paciente holandés, que le permitió recuperar el sentido del tacto, es decir, pudo sentir un objeto en su mano y saber con cuánta presión lo estaba sujetando. Ahora intentan agregarle sensación de temperatura y texturas.

Finalmente, más allá de las extremidades, también se han conseguido logros asombrosos utilizando tecnología para enfrentar discapacidades sensoriales. Pocas imágenes en internet resultan tan impactantes como los videos que muestran a personas sordas de nacimiento como Sloan Churman y Joanne Milne, escuchando por primera vez gracias a implantes cocleares dentro de sus cerebros.

Hasta aquí, sin embargo, todos estos avances respondieron al afán de reemplazar lo que había por algo que funcionara más o menos parecido. Pero, ¿por qué no lograr una prótesis que supere las capacidades propias de los miembros biológicos? El límite no es necesariamente el alcanzado por la biología.

## DE REPARARNOS A MEJORARNOS

*El hombre nuclear* (*The Six Million Dollar Man*) fue una serie de televisión sumamente popular que se emitió a mediados de los 70. En ella Steve Austin, astronauta y piloto de pruebas, pierde sus dos piernas, un brazo y la visión de un ojo durante un accidente y es reconstruido con partes “biónicas”. Esos componentes tecnológicos en su cuerpo lo dotaban de velocidad y fuerza sobrehumanas, así como visión telescópica e infrarroja.

En la serie, la integración de biología y tecnología era perfecta. Nunca veíamos a Austin quejarse de dolores o tener problema alguno como consecuencia de sus prótesis. ¿Quién no soñó con tener un cuerpo como el de *El hombre nuclear*? Aquella historia de ciencia ficción de hace algunas décadas ahora asoma en el horizonte como una posibilidad cada vez menos fantásica.

Es razonable pensar que, con la mejora continua de estas prótesis biónicas, en algún momento podamos construir un brazo o una pierna mejores que las biológicas. Después de todo, como mencionamos en el capítulo anterior, la biología cambia a una velocidad tan baja que las modificaciones resultan imperceptibles incluso en decenas de generaciones humanas. Con el sostenido avance tecnológico, probablemente lleguemos a una instancia en la que la incorporación de partes biónicas a nuestros cuerpos nos permita superar en mucho nuestras posibilidades actuales.

El caso de Oscar Pistorius, atleta sudafricano que perdió sus dos piernas cuando tenía sólo once meses, es un testigo temprano. Hoy Pistorius es tristemente célebre por estar acusado del asesinato de su novia, pero su caso es tan paradigmático que vamos a obviar ese giro dramático de su vida para poder concentrarnos en sus piernas.

Como la mayoría de los atletas de elite con discapacidad, Pistorius comenzó a participar en los Juegos Paralímpicos, enfrentando a otros competidores discapacitados. En 2007, Pistorius generó una enorme polémica al plantear su intención de participar de las pruebas de velocidad en los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, enfrentando a atletas sin discapacidad. El revuelo en el mundillo deportivo no tardó en destaparse y el tema llegó incluso al *New York Times*, que tituló su artículo: “¿Es discapacitado o demasiado capacitado?”. Todas las asociaciones atléticas del mundo se reunieron para discutir qué hacer con este muchacho y coincidieron en que lo mejor era descalificarlo. ¿Por qué? Porque para los popes del atletismo mundial utilizar prótesis abría la puerta a una ventaja desleal frente a competidores “nada más que humanos”. Pistorius apeló ante la justicia y obtuvo lo que deseaba durante los Juegos Olímpicos de Londres 2012: ser el primer discapacitado en competir en la elite del atletismo mundial.

Pistorius quedó eliminado en semifinales por una mala largada, pero lo más interesante sucedió el mes siguiente, cuando fue a competir en los Juegos Paralímpicos con otros atletas con

discapacidad... y perdió frente a un brasileño llamado Alan Oliveira. En ese momento, el mismo Oscar, que se había plantado frente a tribunales internacionales para demostrar que no tenía ventaja deportiva sobre sus rivales meramente biológicos, se quejó: “No fue una carrera justa”. Y denunció que las prótesis del brasileño eran antirreglamentarias. O, dicho de otra manera, mejor que las suyas. Así podría haber dado inicio una “carrera armamentística” de piernas, ya que Pistorius y todos los demás atletas discapacitados competirán de ahora en más para lograr prótesis mejores que las del brasileño en los Paralímpicos siguientes.

Para evitar ser descalificados, las prótesis usadas actualmente por los atletas con discapacidad no son más que un pedazo de fibra de carbono plegado de una manera optimizada. No hay nada electrónico en ellas. Distan mucho de aprovechar todas las posibilidades reales que existen en la actualidad. Por ejemplo, podría adicionarse un sensor de sonido que se active apenas se escuche el disparo de largada (lo que adelantaría al competidor unos milisegundos respecto de los demás) o un propulsor que lance al atleta varios metros hacia adelante en ese mismo momento y le agregue impulso a cada zancada. Si pusiésemos en las piernas de un ser humano todo lo que la tecnología puede ofrecer, un atleta con piernas biológicas no podría siquiera competir.

Pronto empezaremos a develar el misterio: en marzo de 2014 se anunció la realización del primer Cybatlon, una competencia de características similares a los Juegos Olímpicos, pero donde atletas que utilicen prótesis puedan competir utilizando todos los avances que la tecnología puede ofrecer. El evento tendrá lugar en octubre de 2016 en Zúrich, Suiza, e incluirá una carrera de bicicletas, una corriendo con piernas prostéticas, otra en silla de ruedas, otra usando exoesqueletos, otra con brazos prostéticos y una de interfaces Cerebro-a-Computadora para personas con parálisis total.

Cuando esto finalmente suceda, el atletismo probablemente se convertirá en una nueva Fórmula 1. Michael Schumacher es el mayor campeón de la historia de la categoría. Compitiendo para Ferrari con autos muy competitivos, no había quién le ganara: obtuvo cinco títulos mundiales, además de otros dos que ya había obtenido con Benetton. Con Mercedes-Benz y un auto menos competitivo, logró un solo podio en tres años. ¿Era el piloto o el vehículo? Del mismo modo, nos preguntaremos con el atletismo dentro de unos años: ¿Es el corredor o son sus piernas?

## **LA ROBÓTICA LE GANA A LA BIOLOGÍA**

En parte por la autolimitación en la incorporación de tecnología y en parte por estar diseñadas para un propósito muy específico (correr carreras), nadie en su sano juicio elegiría las piernas prostéticas de Pistorius respecto de nuestros miembros biológicos. Pero, ¿qué sucederá cuando sea posible fabricar prótesis que añadan capacidades asombrosas de las que nuestros cuerpos carecen?

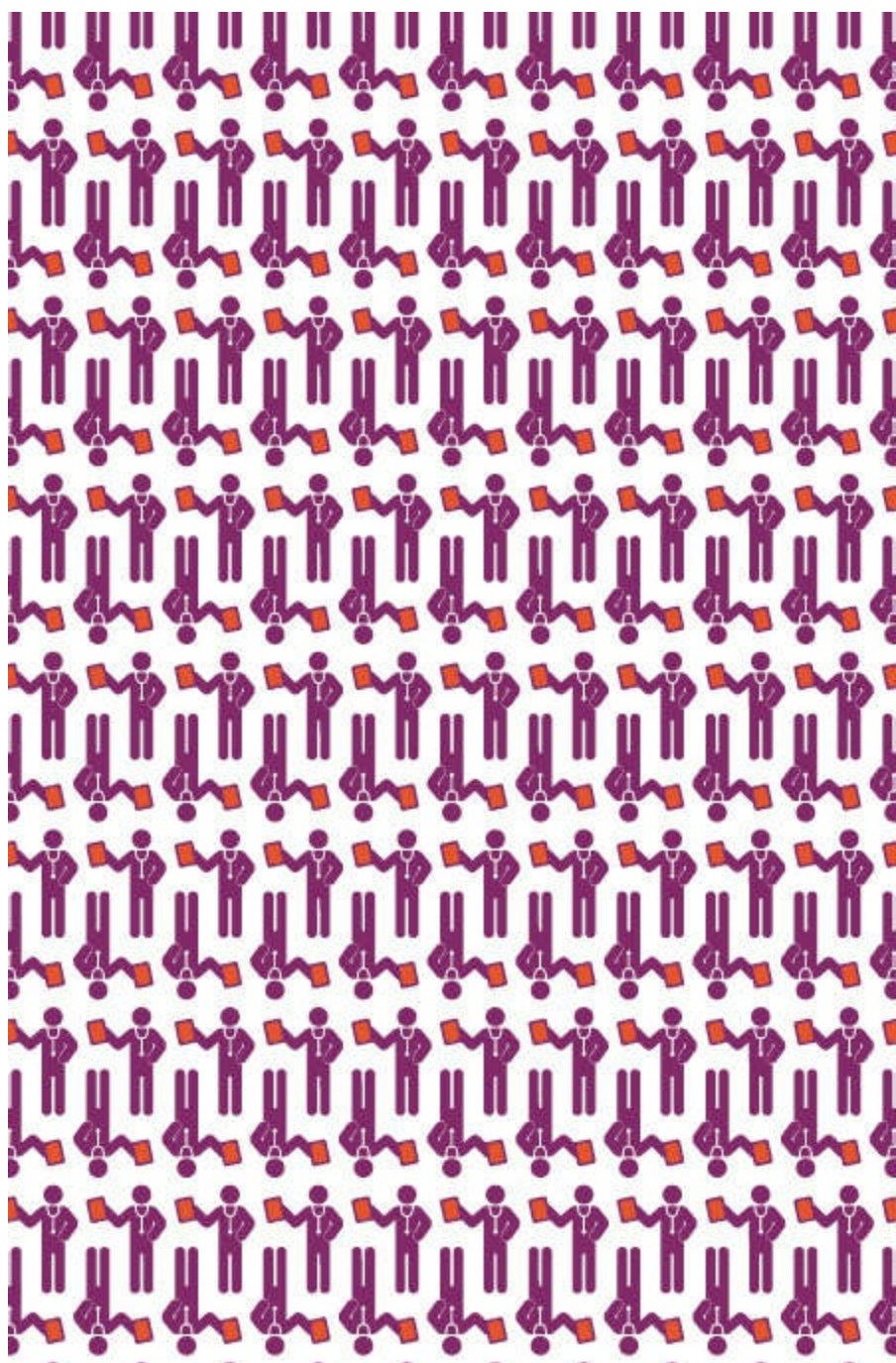
Seguramente habrá gente que elija transformar su cuerpo para mejorar su desempeño sin tener que sufrir la tragedia de una amputación por un accidente. Si esta afirmación suena aventurada, no perdamos de vista que muchos actualmente nos sometemos a operaciones por razones meramente estéticas: para agrandar o achicar el busto, eliminar arrugas en la piel o simplemente cambiar la forma de nuestra nariz si no nos gusta la que nos tocó en suerte.

Casi con seguridad, estas cirugías resulten más invasivas que las estéticas. Pero también será mayor la recompensa: experimentar el mundo trascendiendo algunas de las limitaciones impuestas por nuestros cuerpos, contar con mucha más fuerza, velocidad, resistencia, flexibilidad. Incluso es concebible utilizar piernas de uso específico. ¿Por qué salir a correr con las mismas piernas que utilizamos para bailar o escalar un risco? ¿Por qué ver la realidad con ojos que apenas perciben un espectro muy limitado de longitudes de onda (luz blanca) y no tienen zoom? ¿Por qué colocarnos los Google Glass si podemos integrarlos en la vista misma?

A partir del momento en que una pequeña minoría de osados cruce la línea y modifique su cuerpo, los “nada más que humanos” se verán en desventaja, incapaces de alcanzar muchas habilidades que tendrán quienes “se hayan mejorado”. A pesar de la aversión que en la actualidad la mayoría sentimos por esa idea, imagino un proceso gradual en el que, por ejemplo a partir de la adopción por parte de celebridades del espectáculo, este tipo de intervenciones se acepten cada vez más masivamente.

Si tantas personas pasan la noche a la intemperie esperando en fila para comprar el último modelo de iPhone el día de su lanzamiento, no me parece excesivamente aventurado pensar que algunos hagan fila para ser los primeros en tener las capacidades aumentadas de *El hombre nuclear* y muchas más que nuestra imaginación no alcanzó a concebir en la década del 70.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN: [HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP3](http://libro.bilinkis.com/cap3)





## CAPÍTULO 4

— EL —

# HACKEO

— DE LA —

## *mente*

# EL ORDEN EMERGENTE Y EL ORIGEN DE LA INTELIGENCIA

Probablemente los tres enigmas más trascendentes de nuestra existencia sean cómo surgió el Universo, cómo apareció en él la vida, y cuál es el origen de la conciencia y la inteligencia. Respecto del primero hemos avanzado bastante, acercándonos a entender cuál era el estado de situación del Universo ínfimas fracciones de segundo después del Big Bang.

Más allá de la maravillosa idea de Darwin, en los otros dos enigmas seguíamos hasta hace poco relativamente a oscuras. ¿Cómo fue que de montones de partículas inertes dispersas en el Universo, de pronto surgió la asociación, el movimiento, en fin, las fuerzas vitales que animan nuestro mundo? ¿Cómo pueden esas partículas inanimadas haber dado lugar a seres dotados de conciencia e inteligencia? A falta de respuestas suficientes fundadas en el conocimiento nos quedaba la intuición.

Pero la intuición nos impide esperar que surjan realidades coherentes de la nada y por puro azar. Por eso, para explicar que de sustancias químicas inertes pudo emerger la vida, que de formas de vida muy básicas pudieron surgir seres complejos como el hombre o que de un conjunto de células especializadas haya aparecido la conciencia y la inteligencia, parecía inevitable pensar en la existencia de un planificador externo, un diseñador inteligente capaz de moldear el caos en maravillas biológicas. La vida parecía una casualidad tan enormemente improbable que sólo la existencia de un dios podía explicar que estuviéramos hoy acá. Sin embargo, detrás de esa “casualidad” y de la respuesta a ambos enigmas se esconde el mismo principio: los fenómenos emergentes.

La teoría de la complejidad es una rama de la ciencia que intenta lidiar con sistemas complejos, que no son susceptibles de ser explicados por las relaciones de causa-efecto lineales características de la ciencia tradicional. Yo conocí esta disciplina hace muchos años con la lectura de *Complexity*, de M. Mitchell Waldrop, y más recientemente con *Emergence*, de Steven Johnson, que influyó de manera profunda en mi pensamiento. El hallazgo más trascendente fue descubrir que en cierto tipo de sistemas el orden es inevitable, sin nadie que lo genere “desde afuera”. La esencia del cambio radica en que la organización no aparece desde arriba (*top-down*) sino desde abajo (*bottom-up*). De alguna manera, este descubrimiento brindó el marco teórico para entender de manera cabal el alcance del pensamiento original de Darwin, que hoy nos ayuda mucho más de lo que él mismo pudo haber sospechado.

Estos sistemas, conocidos como “emergentes”, son autoorganizantes. Cuando observamos la materia desde sus estadios más tempranos hasta los niveles de organización más sofisticados, vemos que en cada nivel existe un gran número de agentes —que van desde las moléculas, pasando por células, órganos e individuos— que aparecen como relativamente “tontos” por su simpleza. Sin

embargo, tomados en conjunto en una escala mayor, estas unidades “tontas” generan una conducta increíblemente sofisticada espontáneamente sin necesidad de nada ni nadie que las coordine y sin que se lo propongan ni entiendan el lugar que juegan en ese todo de orden superior.

Veamos un ejemplo para intentar clarificar la idea. Hay sustancias químicas totalmente estáticas que en sí mismas parecen bastante “estúpidas” ya que tienen escasas o nulas funcionalidades *per se*. Pero en el contexto correcto, su mera coexistencia produce interacción: millones y millones de moléculas interactuando espontáneamente sin que nadie coordine el proceso dan por resultado un estadio superior de organización llamado célula, un organismo mucho más complejo capaz de cumplir funciones nuevas como metabolizar, alimentarse, crecer y reproducirse.

Si la observamos a una escala mayor, esa misma célula nuevamente nos resulta bastante tonta: apenas si responde “mecánicamente” a su entorno. Pero en presencia de millones y millones de ellas emerge otra forma de autocoordinación que genera, por ejemplo, un ojo, órgano capaz de transformar luz en impulsos eléctricos, ajustando el iris en función de los cambios en el entorno para graduar la cantidad de luminosidad que ingresa y haciendo foco para dirigirla a un punto específico.

Nuevamente, en sí mismo un ojo puede parecernos un órgano tonto: después de todo, ¿de qué sirve transformar luz en impulsos eléctricos si no hay un cerebro que interprete y le dé sentido a esa información ni un cuerpo que actúe en consecuencia? Pero un conjunto de órganos igualmente bobos en sí mismos autocombinados en el proceso de gestación puede conformar, por ejemplo, una hormiga. Con patas hábiles para transportarla, mandíbulas capaces de desgarrar y trasladar alimento, antenas útiles para comunicarse con otras hormigas, reproducirse y dar lugar a nuevos seres.

Finalmente, contemplada en el plano de los organismos, una hormiga es bastante tonta. Apenas sigue una serie de reglas muy simples basadas en un rudimentario sentido del olfato y actúa sin ningún grado de conciencia. Sin embargo, miles y miles de hormigas forman una colonia capaz de adaptarse a entornos cambiantes, organizar y asignar recursos de manera eficiente e, incluso, aprender con el paso del tiempo.

Los sistemas que demuestran una complejidad adaptativa y dan lugar a fenómenos emergentes tienen algunas características comunes:

- Están conformados por un número muy elevado de agentes (moléculas, células, neuronas, hormigas, etc.) que interactúan dinámicamente entre sí.
- Cada agente sigue mecánicamente y sin excepciones reglas muy simples de interacción con sus “vecinos” y su entorno, e ignora por completo cualquier conducta emergente que ocurra en un nivel superior. Es muy interesante notar que, en palabras de Steven Johnson, la estupidez es un *feature* (una cualidad) y no un *bug* (un error).

- Tienen algún mecanismo de *feedback* imbuido en sus reglas de acción. La conducta de cada agente es afectada y a su vez afecta lo que hace una gran cantidad de los otros agentes.
- Estas interacciones simples y regladas dan lugar a ciertos patrones repetitivos, fenómenos nuevos y sorprendentes que no parecían una consecuencia obvia de las interacciones anteriores.

Resulta fascinante notar que para nosotros es imposible saber *a priori* si en un sistema artificialmente diseñado con agentes y reglas aparecerán fenómenos emergentes ni cuáles serán. De algún modo, todavía no entendemos del todo por qué funcionan.

La inteligencia es ni más ni menos que uno de estos asombrosos fenómenos emergentes. Una neurona se rige, en una versión simplificada, básicamente por la regla: “Si recibo suficientes impulsos eléctricos de otras neuronas en un período de tiempo, yo disparo a su vez un impulso, pero si vengo disparando mucho me canso y no disparo más”. La gran pregunta, aún sin respuesta, es: ¿Cómo hacen billones de neuronas con un funcionamiento tan simple para generar un fenómeno emergente “milagroso” como la conciencia, la inteligencia o la memoria?

## CÓMO FUNCIONA (Y CÓMO FALLA) NUESTRA MENTE

Consideramos la mente humana como algo maravilloso. Y es verdad que hace cosas increíbles: es capaz de concebir la Novena Sinfonía de Beethoven, la teoría de la relatividad, la jugada del gol a los ingleses... Pero también falla. Lo hace de manera sistemática y en aspectos que no son menores para nuestra vida. Enfrentada a una misma situación, nuestra mente es capaz de equivocarse una y otra vez. Un caso muy claro es el de las ilusiones ópticas: nos muestran una imagen de líneas que son iguales pero, por alguna razón, nuestra mente ve a una de ellas más larga que la otra. Nos explican que son iguales, las miden, nos cuentan por qué las vemos de diferente longitud. Luego de todo eso volvemos a observar... y vemos una más larga que la otra.

En las notas online de este capítulo pueden verse algunas de las ilusiones ópticas más interesantes.

Si tenemos en cuenta que la vista es uno de los sentidos más confiables, imaginemos los errores que debemos cometer en la toma de decisiones, en la memoria o en el lenguaje. Nuestra capacidad de razonar es increíblemente poderosa y a la vez irremediablemente fallida. Atravesados por numerosos sesgos cognitivos de los que en general no estamos al tanto, somos, en palabras del psicólogo y economista del comportamiento Dan Ariely, “predeciblemente irracionales”. En el capítulo final discutiremos en profundidad algunos de estos sesgos.

En términos generales, la causa de estas imperfecciones radica en que, tal como postuló Darwin,

la naturaleza construye siempre con partes preexistentes, nunca empieza de cero. Así, nuestra mente es el producto de un proceso evolutivo que parte de lo que ya existía en animales más primitivos desde el principio de los tiempos. Para hacer una analogía con las máquinas: cuando se diseña un auto o una computadora nueva, no hay por qué reutilizar y retocar las mismas piezas de una versión anterior. Es el caso de la invención del transistor, que se diseñó completamente desde cero. En cambio, en la naturaleza los cambios son mínimos y ocurren aleatoriamente a lo largo de las generaciones. Si los autos fueran producto de la evolución, las llantas deberían ser una forma modificada de patas.

En el caso de nuestro cerebro, podemos reconocer tres partes surgidas en puntos evolutivos muy distintos. La parte más antigua conserva muchos elementos comunes con el cerebro de animales muy primitivos. Se la conoce como “cerebro reptílico”, en referencia a su posible momento de aparición evolutiva, y se ocupa básicamente de actividades mecánicas pero esenciales para el mantenimiento de la vida, como respirar, hacer latir el corazón y mantener el equilibrio. La segunda zona se denomina “cerebro límbico” e hizo su aparición con los primeros mamíferos. Allí se generan las emociones, buena parte de los juicios de valor inconscientes y algunas funciones de la memoria. La parte más reciente de nuestro cerebro es el neocórtex y surge recién con los primates. El extraordinario desarrollo de esta área, especialmente el lóbulo frontal, nos distingue de todos los demás animales. En el neocórtex reside nuestra habilidad para el pensamiento abstracto y consciente, la percepción sensorial, el lenguaje, la atención y la capacidad de planificación, entre otras características humanas.

Pero aun cuando nuestro cerebro sea el órgano más logrado a la fecha, no debemos perder de vista que el proceso evolutivo que condujo a él se produjo en un contexto radicalmente diferente, en un mundo prehistórico en el que no existía casi ningún elemento de la sociedad moderna y en el que nos preocupaba más no ser devorados por un león que moderar la ingesta de grasas para mantener controlado el colesterol. Es decir, si bien nuestra mente es grandiosa, también tiene serios defectos, producto de su evolución gradual con componentes antiguos y de su ajuste a través de los milenios a un mundo muy distinto del actual.

El tema de las fallas humanas me resulta particularmente atrapante. Por este motivo, en las próximas cuatro secciones me permitiré realizar una digresión y profundizar en los defectos más interesantes, incluyendo los problemas con la toma de decisiones y la búsqueda de ser felices. Los lectores que ya estén familiarizados con estos temas o no deseen profundizar en ellos pueden continuar directamente con la sección “Una mente mejorable”.

**¡PERDÓN! ACÁ IBA UN TÍTULO PERO ME OLVIDÉ CUÁL ERA...**

En el marco de nuestro cerebro, la memoria es el proceso de guardar información que luego recuperaremos. La capacidad de recordar es una función fundamental: sin ella, sería imposible construir cultura.

A primera vista ya nos damos cuenta de cuán raro es el funcionamiento de este sistema en el cerebro humano: somos capaces de recordar cosas que ocurrieron hace muchísimos años en un santiamén, aun cuando no hayamos pensado en eso durante mucho tiempo (¡Rápido! ¿Cómo se llamaba el primer astronauta en pisar la Luna?), y, al mismo tiempo, nos puede costar horrores recordar qué almorzamos el lunes pasado. Podemos reconocer a un compañero de la escuela primaria a quien no vemos hace veinte años y olvidar dónde apoyamos las llaves diez minutos atrás. No nos olvidamos de cómo andar en bicicleta, aunque lo aprendimos de pequeños y no volvimos a practicar, pero nos hacen una interrupción de sólo tres segundos cuando estamos hablando, y no somos capaces de retomar el hilo.

Un sistema de memoria bien concebido debería hacer dos cosas bien: recordar algo cuando lo necesitamos y olvidar aquello que queramos. En esto, el contraste entre la memoria humana y la de una computadora es absoluto. Esta última sabe exactamente dónde encontrar todo lo que guarda. Si realiza una suma de resultado cinco, almacena ese número. No importa que pase un segundo, un año o una década, siempre sabrá, ante una requisitoria, dónde está ese valor y que es igual a cinco. Su método está basado en ubicaciones: mantiene registro del sitio donde almacena cada dato. En cambio, si te pregunto tu nombre podrás responderme sin problema pero desconociendo por completo en qué lugar de tu cerebro está guardado ese dato. Esto sucede porque, a diferencia de las máquinas, nuestro recuerdo es contextual. Necesitamos una pregunta que lo active, que le dé pistas a la mente para salir a buscar. Este disparador no tiene por qué ser únicamente verbal. Ciertos aromas nos remiten a algún momento de nuestra niñez, a alguna comida que saboreábamos en otra época, a la casa de alguna abuela que “olía” de determinada manera. El método, entonces, es evocativo: tratar de formular la pregunta correcta que haga que la mente nos devuelva aquello que queremos recordar.

El contexto es tan importante que, en algunos casos, basta con volver atrás unos pasos, literalmente, para despertar el recuerdo. Por ejemplo, uno va charlando por la calle con otra persona y, de repente, ante una distracción, pierde el hilo. Si retrocede hasta donde se produjo el corte, probablemente pueda retomar la conversación, aun cuando el tema no tenga ninguna relación con el lugar físico.

La construcción de reglas mnemotécnicas está ligada con esta forma contextual de recordar que tenemos los seres humanos. Como cuenta un chiste, dos viejitos, Juan y Pedro, sostienen un diálogo:

Juan: El otro día, con mi esposa, fuimos a un restaurante en particular.

Pedro: ¿Cómo se llama?

Juan (*piensa, se esfuerza*): Cómo se llama, cómo se llama... Ayúdame, ¿cuál es el nombre de esa flor que es roja y tiene espinas?

Pedro: ¡Rosa!

Juan (*gira y habla con su mujer*): Rosa... ¿Cómo se llama el restaurante al que fuimos el otro día?

Este método evocativo que utiliza nuestra mente tiene al menos siete problemas:

### **1. Nada garantiza que aparezca el recuerdo que deseamos en el momento en que lo necesitamos.**

El mejor ejemplo, tal vez el más extremo, es aquello de “lo tengo en la punta de la lengua”. Nos piden un dato, sabemos que lo sabemos, pero no lo podemos traer. No solo somos conscientes de conocer la respuesta, también sentimos que es inminente, que está “ahí”. En algunos casos, hasta sabemos con qué letra empieza, pero no somos capaces de completar la información. Luego, ya sin la presión de recordarlo, en la cama antes de dormir o en el medio de la ducha, el dato aparece como por arte de magia. Casi siempre, y esto no es científico, en un momento en que no podemos comunicarnos con la persona que nos vio titubeando para decirle: “Me acordé, es tal”. El olvido produce situaciones incómodas, como la que se genera cuando se nos acerca una persona cuya cara nos resulta familiar pero a quien no podemos identificar.

### **2. Nos cuesta separar recuerdos parecidos.**

Es muy difícil traer a la memoria qué almorzamos el lunes pasado, sencillamente porque es muy similar a la comida del mediodía del martes, del miércoles, del domingo y prácticamente de todos los días. Un ejemplo más contundente por su valor emotivo es el de una persona que tiene muchos hijos y ya no recuerda cuál de ellos hacía una gracia determinada cuando era bebé. Por esto, los pilotos de avión, antes de despegar o aterrizar, tienen una lista de tareas que deben respetar de manera estricta. Allí están todas las actividades, una por una, necesarias para que no haya ningún problema. Y están obligados a seguir paso por paso la lista. No pueden usar la memoria bajo ningún aspecto. Como cada despegue se parece mucho a todos los anteriores, aunque hayan volado cientos de miles de kilómetros y subido y bajado en aeropuertos de todo el mundo, tienen que seguir la lista.

### **3. Los recuerdos son cambiantes y se pierden.**

Volvamos al ejemplo de la computadora. Una vez que la máquina almacenó un dato, ese dato permanece incólume. Si la cuenta dio cinco, seguirá siendo un cinco dentro de veinte años. En nuestro caso, el paso del tiempo tiene un efecto devastador. Al intentar rememorar un hecho sucedido hace mucho tiempo, no subsiste casi ningún detalle. Ciertos recuerdos que quisiéramos guardar con nosotros por siempre desaparecen irremediablemente. Pero ése no es el único problema. En virtud de

un proceso llamado “reconsolidación”, las experiencias posteriores modifican los recuerdos previos. Cada vez que evocamos un recuerdo, la pintura se vuelve fresca y terminamos dando algunas pinceladas diferentes en ese mismo momento. Por eso, en las rememoraciones sucesivas del mismo hecho, lo que vuelve es el original deformado por todas las transformaciones que fuimos incorporándole posteriormente, haciendo el recuerdo cada vez menos fidedigno. Lo que recordamos de la niñez tiene poco y nada de real. Las fotografías pueden servir de ayuda para volver a ubicar algunas piezas en su lugar, pero todo lo que magnificamos, minimizamos, cambiamos u olvidamos hace que la fidelidad sea muy baja. Muchas veces estamos completamente seguros de determinados detalles, pero eso no garantiza la veracidad del recuerdo.

#### **4. Tenemos problemas para precisar el momento en el que ocurrieron las cosas.**

Pasados unos pocos meses, todo se borrona y se vuelve difuso. Lo que hacemos para darle un marco temporal a nuestra memoria es, una vez más, recurrir al contexto e intentar usar otras pistas: dónde estábamos o con quién. Así, recurrimos al lugar donde ocurrió la escena o a las personas presentes en ese momento para, por medio de la asociación, determinar cuándo sucedió.

#### **5. Somos muy malos para recordar las fuentes.**

Nos cuesta mucho saber de dónde sacamos esas frases o ideas que se nos vienen a la mente. Lo que estamos afirmando, ¿lo leímos?, ¿dónde?, ¿o nos lo contaron?, ¿quiénes? Esta dificultad para recordar las fuentes nos hace caer en “plagio” involuntario: sentimos que se nos ocurrió algo, pero en realidad nos lo habían dicho tres días antes. En este ámbito también se hicieron algunas pruebas. Una de ellas consistió en reunir a un grupo de personas y pedirles que memorizaran un conjunto de nombres inventados, aclarando que no pertenecían a individuos reales. Al día siguiente, se les entregó una segunda lista, que tenía tanto nombres de personas famosas como de desconocidas, y se les pidió que identificaran a las famosas. Como les sonaban familiares y no podían determinar la fuente de esa familiaridad, la gran mayoría tildó algunos personajes inventados que habían aprendido sólo 24 horas antes.

#### **6. No podemos olvidar cuando lo necesitamos.**

En una computadora, cuando se quiere borrar un dato, se lo elimina. Y listo. El dato no existe más.

En los seres humanos, el olvido es un recurso imprescindible para vivir. Funes, el memorioso, el célebre personaje borgeano, no podía olvidar absolutamente nada. “En el abarrotado mundo de Funes”, escribe Borges, “no había sino detalles, casi inmediatos”. Por eso, incapaz de perder ningún detalle, para recordar un día necesitaba un día completo. Y agregaba: “Sospecho, sin embargo, que no era muy capaz de pensar. Pensar es olvidar diferencias, es generalizar, abstraer”.

Indudablemente, Borges demuestra por el absurdo la inconveniencia de recordarlo todo. No obstante, el criterio de olvido humano es extremadamente arbitrario. Recordamos aún muchos datos

innecesarios, como números telefónicos de nuestra niñez que ya no sirven. Olvidarlos no depende de nuestra voluntad. La contracara, mucho más dramática, es que tampoco podemos dejar atrás los eventos más traumáticos. Un veterano de guerra puede vivir atormentado por su experiencia y no lograr desprenderse de recuerdos traumáticos que, lejos de ser evocados voluntariamente, se presentan en cualquier momento de manera incontrolable.

### **7. Nuestra memoria es muy manipulable.**

La memoria actúa con independencia de nuestra voluntad y de nuestro control. Es una criatura caprichosa, voluble. Todo lo que nos sucede desata recuerdos. Alguien dice “Maradona” y eso solo alcanza para despertar diversas evocaciones en diferentes personas. Alguien puede imaginarlo levantando la Copa del Mundo en 1986. Otro recordará la derrota 4-0 con Alemania en 2010, con él como director técnico. Un tercero traerá a colación sus problemas con las drogas. Un cuarto visualizará completo en su cabeza el segundo gol a los ingleses.

Lo que sucede en nuestra mente al evocar cada concepto no siempre es consciente ni manejable, sino mucho más sutil, imperceptible. Tanto, que su uso para manipularnos merece un texto aparte.

## **LAS FALLAS DE LA MEMORIA Y LOS MECANISMOS DE MANIPULACIÓN**

El psicólogo social John Bargh realizó un experimento en la Universidad de Nueva York en 1996 mediante el cual le dieron a un grupo de personas un texto que incluía palabras como “viejo”, “cansancio” y “jubilado”. Un segundo grupo recibió un papel con términos más positivos, como “energía”, “deporte” o “risa”. Cuando terminaban de leer, los invitaban a retirarse y allí comenzaba el verdadero experimento: los investigadores medían la velocidad a la que caminaban las personas cuando se iban. Los resultados demostraron que los del primer grupo se trasladaban más lentamente que los del segundo. Con seguridad, ninguno de los participantes se dio cuenta de cómo los había afectado los recuerdos y las sensaciones evocados durante la lectura. Ese efecto se conoce como “priming”: exponer a las personas a un determinado estímulo influencia de manera subconsciente su conducta posterior. Aun cuando este primer resultado fue puesto en duda recientemente, numerosos experimentos posteriores hacen indudable que el “priming” funciona y permite manipular la conducta.

Sin entrar en ámbitos académicos, los amantes del deporte ven cotidianamente estos experimentos de manipulación de la memoria. En el fútbol, por ejemplo, los córneres son materia prima ideal para que el defensor le recuerde al delantero sus experiencias sexuales con hermanas, novias, madres y

parientes de este último. ¿Sabe el delantero que el defensor lo está provocando? Claro que sí. ¿Puede evitar que esas palabras lo afecten? No, es incapaz de controlar los recuerdos y pensamientos que vienen a su mente frente a los estímulos que le arrojan.

La memoria puede incluso afectar nuestra percepción. Veamos un ejemplo asombroso: hace unos años, el “Reto Pepsi”, auspiciado por esta marca de bebidas, consistía en tomar a ciegas las dos gaseosas principales y determinar cuál era más rica. Cuando la gente no sabía qué estaba tomando, el resultado daba aproximadamente la mitad para cada una. Un grupo de científicos decidió reproducir el experimento en el laboratorio: el análisis cerebral en ese momento mostraba muy poca actividad en la zona de la memoria y un intenso movimiento en donde se aloja el sentido del gusto. Repitieron luego la comparación diciéndole a la persona cuál era cada bebida. En ese caso, el 75 por ciento elegía Coca-Cola y la actividad cerebral mostraba una importante activación de recuerdos, pensamientos y asociaciones. Pero lo más interesante es que el área del gusto se encendía más también. No elegían la bebida por los recuerdos, bajo el efecto de ellos ¡el sabor de la Coca-Cola efectivamente les gustaba más! Esto nos hace pensar que, desde pequeños, Coca-Cola es una de las marcas que más presencia tiene en nuestras vidas: nos llega todo el marketing, sus botellitas están en las mesas de los restaurantes donde comemos, sus eslóganes se repiten hasta el infinito, vemos los comerciales una y otra vez... Sin esa batería de marketing, probablemente el mercado sería más parejo. Esto habla a las claras de cómo repercute en nuestra mente y cuán influenciables somos. El “priming” también contribuye a generar esos efectos a través de elementos subliminales que se introducen en las publicidades, como el contorno de la botella que ostensiblemente imita las curvas de un cuerpo femenino.

Entrecrucemos ahora percepción, memoria e información. Mediante un experimento, la psicóloga cognitiva Elizabeth Loftus demostró de manera contundente el potencial de manipular nuestros recuerdos. Les mostró a un grupo de personas el video de un choque. Al finalizar, se repartieron hojas con la misma pregunta, pero planteada de tres maneras diferentes:

- Grupo 1: “¿A qué velocidad estima usted que iban los autos en el momento en que se tocaron?”.
- Grupo 2: “¿A qué velocidad estima usted que iban los autos en el momento en que chocaron?”.
- Grupo 3: “¿A qué velocidad estima usted que iban los autos en el momento en que se estrellaron?”.

El recuerdo del choque fue modificado según la manera de formular la consulta. La mayoría de los integrantes del grupo 1 respondió que iban a 50 kilómetros por hora, contra 55 de los del segundo y 60 de los del tercero. “Estrellarse” es más fuerte que “chocar”, por lo que la estimación se ve afectada por los recuerdos y asociaciones evocadas por el contenido de cada palabra.

En otros experimentos Loftus mostró el modo en que datos posteriores pueden alterar las características de un recuerdo incorporándole intencionalmente elementos falsos, y logró, incluso, inducir recuerdos enteramente falsos.

Esta falla tiene una consecuencia grave: el uso del testimonio en el área judicial. Lo más importante en un juicio es lo que los testigos tengan para decir. Pero los procesos pueden durar muchísimos años. En base a todo lo que hemos visto, los recuerdos de un testigo mucho tiempo después no pueden ser considerados confiables, aun cuando la persona crea estar segura de recordar lo sucedido. Adicionalmente, como ilustra el ejemplo anterior, la formulación misma de las preguntas afecta la respuesta. Si, por ejemplo, la gravedad de la condena en el caso del choque dependiera de la velocidad a la que circulaba el auto, ¿cómo confiar en el testimonio si el recuerdo puede ser manipulado por la formulación de la pregunta?

Lamentablemente no disponemos de otras opciones pero, conociendo el fallido funcionamiento de nuestra memoria, es absurdo basar una condena judicial en lo que relata una persona sobre un hecho ocurrido mucho tiempo atrás: la situación empeora porque el testimonio se ve influenciado por lo transcurrido en el juicio, por los dichos de los abogados en ese período de tiempo y hasta por el modo de formular las preguntas.

## **LOS TRES GRANDES MITOS SOBRE CÓMO TOMAMOS DECISIONES**

Otro aspecto de nuestra mente que nos trae bastantes inconvenientes es la toma de decisiones. Existen tres grandes mitos que la ciencia recientemente ha desenmascarado. Analicemos uno por uno:

### **1. Cuantas más opciones tengamos, mejor.**

La cantidad de opciones para cada decisión que debemos tomar explotó en los últimos años. Hasta hace no mucho, en las góndolas de los supermercados había dos, como mucho tres, tipos de cereal; hoy son decenas. Esto no ocurre sólo en aspectos relacionados con el consumo, sino también con hábitos y comportamientos. Unas décadas atrás, la opción era casarse joven, con alguien del sexo opuesto y tener hijos lo más pronto posible. Hoy está el que prefiere priorizar su vida profesional, el que atravesó un divorcio y va por un nuevo matrimonio, el que desea contraer matrimonio con alguien del mismo sexo, el que quiere establecer algún contrato prenupcial. En el plano laboral, hasta hace no mucho tiempo “trabajar” era sinónimo de “estar en la oficina”. Hoy, en cambio, uno puede decidir responder correos electrónicos desde su smartphone un sábado a la tarde en el entretiempo del partido de fútbol de su hijo.

Sin embargo, contrariamente a la creencia, cuando proliferan las opciones el proceso de toma de decisiones tiende a ser más exigente y estresante. Barry Schwartz, psicólogo estadounidense, denomina a este fenómeno “paradoja de la elección”. Esto sucede por dos razones principales. Por un lado, es más difícil elegir entre múltiples opciones que difieren entre sí sólo en detalles. Habitualmente sucede que se arma una maraña de interrogantes que no podemos administrar y que nos paraliza. Por el otro, cuando finalmente llegamos a una decisión, nos quedamos con un sentimiento de inseguridad e insatisfacción mayor que si hubiésemos tenido que elegir entre pocas opciones. ¿Por qué? Ninguna de las alternativas es perfecta ni todas las desechadas son tan imperfectas. Siempre habrá, en las no elegidas, alguna virtud que lamentaremos no tener. Por otra parte, la multiplicidad incrementa las expectativas. Cuando había un solo jean para comprar, uno iba, lo adquiría y sabía que podía quedar un poco largo o un poco ancho. Y estaba bien... no había otro. Ahora, con tantas posibilidades, queremos el que nos queda perfecto. Si no lo logramos, nos frustramos. Para colmo, cuando había uno solo, la culpa era del Universo, que no nos daba alternativa. Ahora, la responsabilidad es nuestra.

Como la “libertad de elegir” muchas veces nos pesa, empezamos a ver con buenos ojos la tan vilipendiada rutina. Es cierto, “rutina” es un término cargado de valoraciones negativas. Sin embargo, hacer algo todos los días de la misma manera significa no tener que tomar decisiones. Esos hábitos repetitivos terminan definiendo a una persona, volviéndose parte de ésta. Decidir entraña siempre el peligro de equivocarse, es una actividad que consume energía, requiere esfuerzo, produce desgaste psicológico, cansa. Por eso, para aliviar nuestra existencia ayuda mucho tomar algunas decisiones de una vez y para (casi) siempre.

El genial neurólogo inglés Oliver Sacks decidió erradicar de su vida algunas decisiones y, por lo tanto, ¡desayuna, almuerza, merienda y cena exactamente lo mismo todos los días! Su filosofía de vida consiste en tomar la mínima cantidad de decisiones en los temas en que no le interesan. Así es como todas las noches consume una lata de sardinas con arroz luego de vivir una jornada de trabajo plagada de novedades y decisiones difíciles.

## **2. Tomamos nuestras decisiones de manera racional.**

Durante mucho tiempo, se pensó que la mejor manera de tomar una decisión era sentarse fríamente a armar una tablita con dos columnas, una de ventajas y otra de desventajas y, con todas las variables calculadas, elegir la mejor alternativa. ¿Verdadero o falso?

En 1982, una persona que sufría un tumor cerebral justo detrás de los ojos se sometió exitosamente a una operación: el hombre salió del quirófano sin haber perdido memoria ni funcionalidad. Con el tiempo, comenzaron a detectar algo raro en su comportamiento: le costaba tomar decisiones. Y no se

trataba de decisiones complejas: si le daban dos biromes para firmar un papel, necesitaba más de media hora para agarrar una. En el supermercado, frente a las góndolas, directamente se paralizaba.

Su caso fue tomado por el neurólogo portugués António Damásio, quien descubrió, durante las primeras entrevistas, que la voz del paciente no mostraba ningún signo de emoción. El profesional redobló la apuesta y le exhibió fotos muy fuertes, con contenido violento y sexual. Nada. La presión del paciente no se movía ni un ápice. El motivo de su incapacidad para elegir era que había perdido la conexión con sus emociones. Ésta fue la primera gran demostración de la importancia de la emoción en la toma de decisiones. En la mente consciente no podemos comparar entre más de siete opciones. La emoción es inseparable en nuestro proceso habitual de toma de decisiones: miramos rápidamente las alternativas y las evaluamos con nuestras emociones, desarrollando un “pálpito” que encierra los aprendizajes conscientes e inconscientes de nuestra experiencia previa.

Quizás el ejemplo más poderoso del dominio de la emoción sobre la razón sea el del siguiente experimento, realizado en la Universidad de Harvard en 1998 y repetido numerosas veces desde entonces. A un grupo de personas se le presentan las siguientes dos opciones:

- a. Ganar 90 dólares por mes y que sus vecinos ganen 80.
- b. Ganar 100 dólares por mes y que los vecinos ganen 120.

La abrumadora mayoría escogemos la opción a. Es decir, preferimos ganar menos dinero con tal de tener más que los que nos rodean.

Durante más de 200 años, los modelos económicos se basaron en suponer que el hombre es racional, maximizador y egoísta. Es decir, un hombre inexistente. En los últimos tiempos la economía del comportamiento comenzó a estudiar a seres humanos reales, explorando cómo somos de verdad y cómo tomamos decisiones, para incorporar esa información en el desarrollo de los nuevos modelos.

### **3. Elegimos lo que más nos conviene.**

La mayoría de las veces, nuestra evaluación de las opciones para tomar una decisión está influenciada por cuestiones que no registramos.

Por ejemplo, una decisión tan importante como la de donar o no nuestros órganos se ve afectada fuertemente por algo tan trivial como el diseño de un formulario. En Europa el grado de aceptación a donar varía mucho entre países. Algunos tienen niveles altísimos, con casi un 100 por ciento de donantes, y otros, valores muy bajos, con un 20 por ciento o menos. Un grupo de investigadores intentó detectar las causas. En un primer momento, asignaron la diferencia a cuestiones culturales, pero luego descubrieron que países muy similares como Alemania y Austria estaban en extremos opuestos. Finalmente, develaron el problema: la diferencia se daba por cómo estaba planteada la

pregunta en el formulario. Los de más alta aceptación decían: “Marque aquí si no desea donar”. Los de más baja: “Marque aquí si desea donar”. En los dos casos, ocurrió lo mismo: la gente prefiere dejar la casilla en blanco, tomar menos decisiones, especialmente cuando se trata de un tema en el que ni queremos pensar. Lo interesante de esta experiencia es que aun en un tema trascendente, la decisión quedó en manos de quien confeccionó el formulario.

Veamos ahora cómo decidir en quién confiar. En un experimento publicado en 2008 por la revista *Science*, un encuestador va por la calle cargado de papeles, un abrigo y una taza de café. Lleva, también, la foto de una persona. Luego le pide a otro: “¿Me sostiene la taza de café un segundo, por favor, así me acomodo?”. Toma la planilla correspondiente y vuelve a agarrar su café. Entonces, muestra al encuestado la foto, le cuenta sus principales características y le consulta, con esa información, si tiene confianza en él. En todo el proceso hubo un único y pequeño truco: a algunas personas les dio la taza con bebida caliente y a otras, con un líquido frío. Insólitamente, aquellas que reciben la taza caliente confían más en la persona de la foto que los que recibieron la fría. La calidez experimentada en la mano deriva en atribuir calidez a la persona fotografiada. ¡Ahora que estamos enterados deberemos estar atentos a lo que nos sirven en una reunión en la que creemos que quieren convencernos de algo!

Otra fuente de irracionalidad surge de que, para tomar las decisiones, nos basamos más en aspectos relativos que absolutos. Veamos un ejemplo: una persona está a punto de comprarse un pantalón que sale 100 dólares. Justo antes de pagar, le avisan que en otro lado, a una distancia de un kilómetro, se consigue a 50. ¿Quién no haría el esfuerzo? ¡Es la mitad del precio! Ahora supongamos que la persona se está comprando un televisor de pantalla plana de 10.000 dólares y la llaman para advertirle que, en otro lugar a la misma distancia de un kilómetro se consigue a 9.950 dólares. Lo más probable es que lo compre en el primer lugar. Esto es un absurdo, porque la premisa de evaluación es la misma: trasladarse esa distancia para ahorrar 50 dólares. En términos relativos, parecería tener sentido en 100 y no en 10.000. Pero en realidad, es lo mismo en ambos casos. Muchos restaurantes conocen sobre evaluación relativa. La mayoría de los comensales no pedimos el plato más caro de un menú, aunque no tenemos mayor problema en pedir el que le sigue. Por eso, si un restaurante tiene todas opciones alrededor de los 50 pesos y una que alcanza los 80 pesos, suele agregar una alternativa más, de 100 pesos, no para que la pidan sino sólo para aumentar las ventas del plato que vale 80 pesos.

## **LA MENTE Y LA FALLIDA BÚSQUEDA DE LA FELICIDAD**

El ejercicio es muy sencillo. Si preguntamos a una persona cuál es su meta en la vida, lo más

probable es que la respuesta sea: “Ser feliz”. Aunque la definición tiene mucho de subjetividad, podemos coincidir en que la felicidad es un estado de bienestar, asociado con estar contento, positivo. Lo interesante es que, con la importancia que tiene para todos como meta central de la vida, hasta hace veinte años la ciencia casi no se ocupó de entender la felicidad. La psicología dedicó la mayor parte de sus esfuerzos a trabajar sobre los malestares y las enfermedades, no sobre lo bueno y lo saludable. Eso cambió en los últimos tiempos con el surgimiento de la llamada “psicología positiva”, impulsada, entre otros, por el reconocido psicólogo estadounidense Martin Seligman. Este autor se propuso tratar de comprender qué es lo que nos hace felices.

Como se trata de una rama de la ciencia que está en pañales, muchas de las conclusiones aún deben ser consideradas preliminares. Uno de los primeros hallazgos es que el estado de felicidad de una persona varía poco a lo largo de su vida. Cada quien tiene un nivel de felicidad que le es propio, relacionado, entre otras cosas, con la genética y la educación temprana. Digamos que si existiera una escala del 1 al 10, hay personas que tendrían un nivel de felicidad 5 y otras, de 6.

¿Se puede cambiar ese nivel de felicidad? Sí, pero en general, por un período corto. Supongamos que recibimos la excelente noticia de que acabamos de ganar la lotería. Inmediatamente después de cobrado el premio, aparecerá una felicidad “más alta” que la habitual, relacionada con el hecho de tener más dinero y poder hacer un montón de cosas que antes no se podía: viajar, invitar amigos a comer a diario, ayudar económicamente a gente querida, etc. Sin embargo, la euforia dura poco. Aproximadamente un año o un año y medio después, volvemos al nivel anterior. Los que tendían a hacerse “mala sangre” por todo encuentran nuevas cosas por las que sufrir, mientras que los que ya vivían de manera menos sufrida continúan con ese hábito.

Incluso, luego de un tiempo, en ocasiones existe una disminución en el nivel de felicidad porque, al acostumbrarse a tener más dinero bajan su valoración, y dejan también de apreciar cosas sencillas que antes disfrutaban. Mucha gente que pega un salto económico importante, se despega de ciertas raíces o deja de ver a determinados amigos. Aunque parezca increíble, en Estados Unidos hay grupos de autoayuda para ganadores de la lotería, que sienten que perdieron más de lo que ganaron.

Más sorprendente aún: lo mismo sucede cuando nos impacta una noticia muy mala. Una persona tiene un accidente automovilístico y queda imposibilitada de caminar. Se deprime, es cierto, pero con el tiempo inicia un proceso de recuperación anímica que en general se debe al hecho de descubrir el valor de cosas que antes le habían sido indiferentes. Entonces, aun si no puede recuperar la movilidad anterior, vuelve por otros medios a lo que fue su nivel histórico de felicidad. El nivel pre-marcado de felicidad es tan fuerte que es muy difícil salirse por un tiempo prolongado. No se logra con la lotería ni con la parálisis. Luego del primer impacto, todo tiende a regresar al equilibrio anterior.

Que “el dinero no hace la felicidad” es una frase antigua. Pero la mayoría vivimos nuestra vida contrariando esta máxima, convencidos de que lo que nos falta para ser felices es tener una casa más grande, un auto más cómodo o tal o cual objeto. El rol del dinero en la felicidad es uno de los principales hallazgos de la psicología positiva. Estudios realizados determinaron que la gente que no tiene cubiertas sus necesidades básicas, que le falta dinero para garantizar una comida para ese día, lugar donde dormir, salud o educación para sus hijos, tiende a informar un nivel de infelicidad más grande. Sin embargo, a partir de la cobertura básica, no se notó una correlación entre niveles superiores de ingresos y de felicidad.

Sin embargo, los que tenemos nuestras necesidades básicas satisfechas insistimos en mantener la creencia errada de que nuestro vecino, que maneja un Volvo, es más feliz que nosotros, que apenas tenemos un Fiat 600. Suponemos que el otro siente siempre al conducir su auto lo mismo que sentiríamos nosotros si lo manejáramos por primera vez. Pero esa impresión es falsa: el dueño del Volvo lo maneja a diario, por lo que ya está tan acostumbrado a su auto como nosotros al Fiat 600. Probablemente, el primer día que nos toque estar al volante del Volvo seamos felices. Y luego volvamos a estarlo el día que ¡logremos venderlo! Las alegrías que provienen del consumo son efímeras y entenderlo ayuda, precisamente, a ser feliz.

Finalmente, la psicología positiva encontró algunas claves que pueden afectar el nivel de felicidad de manera sostenida. Por un lado, existen factores que la reducen en forma permanente, como sentir vergüenza por ciertos rasgos personales, vivir en lugares muy ruidosos, inseguros o que impliquen un traslado diario muy estresante hacia y desde nuestro trabajo. Por otro, algunos factores que contribuyen con que nos sintamos consistentemente más felices, a saber:

1. Tener un propósito en la vida. Quienes sienten que su vida tiene un propósito informan niveles más altos de bienestar que el promedio.
2. Hacer cosas en el día a día que nos den la sensación de que estamos en la dirección correcta hacia ese propósito.
3. Tener vínculos más estrechos o de mejor calidad. Quienes pertenecen a comunidades que propician vínculos sólidos afirman sentirse más felices.
4. Hacer algo por los demás. Los que ayudan a otros, tienden a sentirse mejor que los egoístas. En un experimento, se le dio a cada participante un billete de 100 dólares. Luego, los dividieron en dos grupos. Al primero le dijeron que fueran a darse un gusto, lo que quisieran. Al segundo, que utilizaran el dinero para ayudar a otro. Al final del día, las experiencias y las historias del último grupo resultaron más interesantes, ricas y gratificantes. ¡Qué interesante! La mejor manera de usar el dinero para “comprar felicidad” no es gastarlo en nosotros sino en ayudar a quien lo necesita.

## UNA MENTE MEJORABLE

Habiendo discutido los múltiples problemas del razonamiento y la memoria humanos, retomemos el hilo original: pese a que nuestra inteligencia es probablemente el resultado más logrado surgido de la evolución hasta hoy, los ejemplos anteriores muestran que la mente sin duda admite ser mejorada, tal vez hasta más de lo que las prótesis podrían mejorar nuestro cuerpo.

Sin embargo, la complejidad del cerebro humano en relación con otras partes del cuerpo es descomunal: su funcionamiento depende de 85.000 millones de neuronas. Ilustremos la magnitud del desafío: si para estudiar la respuesta a un estímulo observáramos cada neurona durante sólo un segundo y pasáramos instantáneamente a la siguiente, haber mirado todas una sola vez nos tomaría 2.700 años. No debe entonces sorprendernos que el avance para comprender y manipular el cerebro haya sido significativamente más lento.

Uno de los principales métodos para aprender sobre su funcionamiento es “mirar” qué sucede con la actividad neuronal cuando nos someten a un determinado estímulo utilizando tecnología de imágenes, en general resonadores magnéticos. Un método desarrollado en Harvard por el científico Kenneth Hayworth permite cortar el cerebro en capas de 30 nanómetros, 100.000 veces más delgadas que un cabello humano. Así, es posible verlo a un nivel de detalle asombroso, pero con un solo problema: ¡El procedimiento mata al paciente! Si queremos que el cerebro esté funcionando y la persona sobreviva, con las maquinarias más avanzadas hoy pueden verse grandes grupos de unas 10.000 células, aunque en algunos laboratorios existen equipos capaces de analizar neuronas individualmente.

Sin embargo, al igual que sucede con otras áreas ya mencionadas, nuestra capacidad de observación, recolección y análisis de la información obtenida está siendo afectada también por el avance exponencial de la tecnología, que permite aumentar cada vez más la resolución y la frecuencia con la que se obtienen las imágenes, haciendo pensar que en el futuro existirán métodos no letales de observar y entender el cerebro en escala muy pequeña y en tiempo real.

Ampliar las posibilidades de percibir el mundo, mejorar la capacidad de recordar (¡y de olvidar!), facilitar la velocidad de aprendizaje, mejorar la toma de decisiones y combatir las enfermedades mentales que generan demencia, son algunas de las áreas en las que la ciencia está empezando a encontrar posibles soluciones. En las próximas secciones discutiremos algunos de estos primeros avances.

## EN BUSCA DEL SEXTO SENTIDO

Para interactuar con el mundo, los humanos venimos “equipados” con sensores capaces de percibir algunos aspectos de lo que sucede a nuestro alrededor. Disponemos de la vista, que nos permite percibir luz de ciertas longitudes de onda (luz visible); del olfato, que detecta partículas suspendidas en el aire y nos indica qué cosas (en general invisibles) están a nuestro alrededor; del oído, que detecta vibraciones en el aire que nos rodea, dándonos más información de lo que sucede en el entorno y gracias al cual logramos desarrollar el lenguaje para comunicarnos; del gusto, que nos brinda datos sobre la composición química de algunos objetos; y el tacto, que nos informa la consistencia, temperatura y textura de los mismos.

Pero el mundo no termina con los límites de nuestra percepción. Existen numerosos aspectos de la realidad que se nos escapan por no haber desarrollado los órganos sensoriales necesarios para experimentarlos. El reino animal presenta muchos ejemplos al respecto. Ciertas especies de araña, por caso, pueden ver cuatro espectros de colores en vez de los tres que percibe nuestra visión tricromática, agregando el ultravioleta. Del mismo modo que la mezcla de tres colores producen para nosotros la enorme variedad de tonos que vemos, sumar un cuarto espectro no añade sólo un color más. Combinado con los otros abre la posibilidad a ver de un modo inimaginable, incluso volviendo visibles objetos para nosotros invisibles por razones de contraste.

Algunos animales pueden sentir las corrientes eléctricas, el movimiento, el eco de sus propios sonidos, la luz infrarroja (calor) o los campos magnéticos; otros tienen muchísimo más agudizados algunos de los sentidos con que nosotros contamos. El extremo olfato de los perros les permite montar una cronología de qué pasó en ese lugar incluso días atrás.

Al intentar agregar sentidos a nuestro cuerpo, el primer aspecto, más sencillo, es añadir sensores tecnológicos capaces de percibir el estímulo nuevo. Luego la parte más complicada es ingresar esa información al cerebro para su procesamiento. En algunos casos, se aprovecha un sentido existente: convertir la señal a una que algún órgano ya pueda decodificar. Este mecanismo se utiliza en ocasiones para devolver un sentido perdido: así, las personas ciegas pueden “ver” táctilmente con la lengua. A veces se confía en nuestra plasticidad cerebral para aprender a interpretar esos datos y darles sentido.

Quizá nada evidencie tan claramente la enorme plasticidad de nuestro cerebro como un sorprendente experimento realizado hace cincuenta años por el psicólogo austríaco Ivo Kohler. Le dio a un grupo de sujetos unos anteojos que invertían la imagen, de modo que al usarlos el mundo se veía cabeza abajo. Después de algunas semanas, la visión se ajustó: si bien la luz seguía entrando en los ojos invertida, el cerebro interpretaba la información de modo que ellos vieran de manera normal. No sólo eso, cuando se quitaron los anteojos al final de la experiencia, volvieron a ver el mundo invertido por un tiempo hasta que la mente volvió a ajustar la visión.

Un experimento publicado en 2013 por el experto brasileño en neurociencia Miguel Nicolelis de la Universidad de Duke demostró que es posible ampliar la percepción conectando sensores externos directamente al cerebro. Colocaron un sensor infrarrojo (frecuencia de luz invisible para estos animales) sobre la cabeza de un grupo de ratas y lo conectaron mediante una neuroprótesis a la parte de su cerebro responsable por el sentido del tacto. Las ratas rápidamente aprendieron a interpretar este nuevo flujo de información, pudiendo seguir el movimiento de luces infrarrojas sin que eso redujera su capacidad de sentir estímulos táctiles.

Dado su carácter invasivo, ha sido imposible hasta aquí realizar experimentos similares en humanos. Sin embargo, durante la década pasada un grupo de personas intentó hackear sus mentes implantando imanes bajo la yema de sus dedos. Sin una conexión directa al sistema nervioso, su interacción con los sensores táctiles dotó a estos individuos de nuevas sensaciones. Gracias a la plasticidad del cerebro humano, luego de un tiempo de entrenamiento estas personas comenzaron a interpretar esas señales de modo distinto de una señal táctil normal, agregando la capacidad de sentir campos magnéticos. El frecuente rechazo del sistema inmunológico a estos cuerpos extraños ha limitado por ahora este tipo de hackeos rudimentarios.

A largo plazo, el sentido de magnetismo podría llevarnos un paso más allá: muchos animales, como las aves migratorias y las tortugas marinas, utilizan el campo magnético de la Tierra para orientarse recorriendo grandes distancias. El hallazgo en 2011 de proteínas en nuestra retina — también presentes en este tipo de animales— impulsó la idea de que los humanos tenemos una versión reducida de este sentido, que podría aumentarse artificialmente para darnos nuestro propio GPS interno.

Es válido preguntarse para qué uno querría “sentir” el norte, considerando que es algo que puede lograrse de manera mucho más simple con una brújula u otro dispositivo externo, sin tener que insertarse nada raro en el cuerpo. Este experimento es sólo una prueba de concepto que demuestra las posibilidades reales de ampliar la percepción. Si el magnetismo nos parece inútil, tal vez otro sentido nos resulte más atractivo: ojos que vieran más lejos o en frecuencias de luz hoy invisibles, dándonos también visión nocturna; o tal vez oídos que percibieran sonidos que hoy no podemos escuchar. En la Universidad de Princeton, Estados Unidos, un grupo de científicos ya logró, en mayo de 2013 y utilizando herramientas de impresión 3D, crear un oído “biónico”, mezclando biomateriales vivos con piezas electrónicas. Es funcional y alcanza a percibir radiofrecuencias mucho más allá de las capacidades normales de los seres humanos. Michael McAlpine, líder del equipo de trabajo que lo desarrolló, está convencido de que con la creciente digitalización, cada vez usaremos menos nuestros antiguos cinco sentidos para dar lugar a nuevos sentidos electrónicos, capaces de interactuar de manera directa con nuestros dispositivos.

El mundo a nuestro alrededor tiene muchas aristas más que se nos pasan por alto, simplemente porque no disponemos de los sensores capaces de detectar esos aspectos de la realidad. Como lo demuestran el ejemplo de la araña y el perro, una mayor sensibilidad no sólo permite sentir más, sino que en ocasiones genera fenómenos cualitativamente diferentes. Agregar sentidos tiene el potencial de enriquecer nuestra experiencia del mundo de maneras impensadas.

## CEREBROS EN RED

Miguel Nicolelis es también uno de los principales referentes a nivel mundial en la integración de cerebros y computadoras. En sus primeros experimentos, logró “leer” la mente a monos, interpretando su intención de mover sus brazos para jugar con un joystick para luego transferir esos impulsos a brazos robóticos manejando otro joystick equivalente. Después de un tiempo los monos descubrieron que no necesitaban realmente mover sus brazos y que con pensar en ello bastaba: es decir, aprendieron a manejar el aparato sólo con su pensamiento. El experimento fue ampliado luego a manejar un avatar robótico capaz de caminar en una cinta de correr.

El uso de interfaces entre el cerebro y computadoras (*brain-computer interfaces*) es un campo muy prometedor. Con el perfeccionamiento de estas técnicas, en un futuro cercano podremos realizar tareas complejas como conducir un vehículo (¡o un avatar personal como en la película de ese nombre!) utilizando sólo nuestra mente. Para los interesados en empezar a desarrollar su “telepatía”, existen hoy varios productos simples en el mercado capaces de leer señales cerebrales y transformarlas en comandos interpretables por una computadora. Más parecidos a juguetes que a instrumentos científicos, por menos de 100 dólares, el Neurosky Mindwave permite medir el grado de concentración de las personas al estudiar, ayudándolos a concentrarse mejor. Con un costo algo superior, la vincha llamada Melon ofrece funciones similares: transmite nuestras ondas cerebrales al teléfono celular para mejorar nuestra meditación y relajación o alcanzar estados mentales específicos. Finalmente, para quien quiere ir un paso más allá, está disponible el Emotiv, un grabador de ondas cerebrales de 14 sensores que permite manejar dispositivos variados usando el pensamiento.

El siguiente desafío fue cerrar el círculo y lograr directamente la comunicación cerebro-a-cerebro. Para ello no sólo es necesario leer las señales sino lograr transmitir las a otra mente. En ese sentido, Nicolelis desarrolló un experimento interesante en Brasil: tomó un ratón y lo entrenó por estímulo-respuesta para asociar el encendido de una luz con el uso de unas palancas para obtener alimento. Cuando el animal ya sabía bien que debía apretar la palanca cuando la luz se encendiera, tomaron otro ratón en Estados Unidos que no había sido entrenado, conectaron sus cerebros con electrodos a

través de internet y comprobaron que, en base a la información cerebral del primer ratón, el segundo sabía también qué palanca accionar cuando se encendía la luz respectiva. Es decir, fue posible colocar los cerebros en red y transmitir conocimiento e información entre ellos, internet de por medio. Esta experiencia nos marca que en algún momento nuestras conciencias podrán estar conectadas, de manera no metafórica.

Al leer esa noticia recuerdo haber pensado: “Bueno, pero son ratones... ¿Sabés todo lo que falta para que hagan lo mismo con humanos?”. ¡Qué equivocado estaba! A fines de julio de 2013 científicos de la Universidad de Harvard crearon una interfaz no invasiva cerebro-a-cerebro (BBI, *brainto-brain interface*). Utilizando ultrasonido para estimular áreas específicas, lograron que una persona moviera partes del cuerpo de una rata. Entonces, retornan los mecanismos de autodefensa. “Bueno, pero... ¿Sabés todo lo que falta para que un ser humano pueda controlar la mente de otro ser humano?” Los que estén leyendo de parado, siéntense. En agosto, sólo un mes después, un grupo de investigadores de la Universidad de Washington descubrió cómo hacer para que una persona, desde su cerebro, emitiera las órdenes para mover los músculos de otra.

Durante la experiencia, el neurocientífico computacional Rajesh Rao se colocó un gorro electroencefalográfico que medía su actividad cerebral. Rao miraba la pantalla de un videojuego. En un momento específico, en el que había que disparar un cañón, el hombre se imaginó a sí mismo moviendo la mano y apretando el botón de *fire*, pero se mantuvo perfectamente quieto. En la otra punta del campus, el profesor Andrea Stocco estaba sentado con un casco que, en su interior, incluía una bobina de estimulación magnética transcraneal. Tenía puestos tapones en los oídos y no veía la pantalla con el juego. Cuando llegó el impulso cerebral de Rao... un impulso eléctrico aplicado al cerebro de Stocco le hizo apretar *fire*. El mecanismo es aún rudimentario pero es una muestra de las posibilidades futuras.

“Es algo muy interesante si uno piensa en conectarse así con su familia o sus amigos, pero terrorífico si uno analiza la posibilidad de un dictador fascista con tecnología para controlar mentes a su disposición”, advierte sobre este tema el portal ExtremeTech.

## **CUANDO ES MEJOR NO RECORDAR: LA PÍLDORA PARA EL OLVIDO**

En *Eterno resplandor de una mente sin recuerdos*, película de 2004 dirigida por Michel Gondry y protagonizada por Jim Carrey y Kate Winslet. Clementine, la protagonista, decide borrar la memoria de su pareja, Joel, tras un final complejo de la relación. Para eso, apela a un sitio especializado en eliminar recuerdos de manera selectiva.

Ya mencionamos que uno de los defectos de nuestra memoria reside en la incapacidad de olvidar cuando desearíamos poder hacerlo. ¿Hasta qué punto es posible alterar los recuerdos? Una vez más, las ratas, animales fáciles de entrenar y a los que les cuesta producirnos cariño, acuden en nuestra ayuda. En un experimento reciente, hicieron sonar una chicharra junto a un grupo de roedores a los que, inmediatamente después, les aplicaban una descarga eléctrica no muy poderosa pero que les causaba dolor. Repitieron la experiencia dos o tres veces, hasta que, aprendizaje mediante, notaron que las ratas comenzaron a ponerse tensas con sólo escuchar la bocina, conscientes de que estaban a punto de sufrir dolor. Aun después de varios meses, las ratas siguieron estresándose ante el mismo sonido. Luego, en una segunda parte del experimento, les proporcionaron una droga que inhibe una proteína fundamental en la construcción de recuerdos y las sometieron al estímulo. ¿El resultado? Las ratas olvidaron: a partir de ese momento escucharon la chicharra y no sintieron miedo.

El mecanismo es simple y se apoya en un hecho ya descrito: gracias al proceso de reconsolidación de la memoria, cada vez que recordamos algo, la “pintura vuelve a estar fresca” y el recuerdo admite ser modificado. Si en ese momento una droga impide almacenar el recuerdo de nuevo, podemos hacer que desaparezca. Científicos del MIT, Stanford y la Universidad de Michigan están probando diferentes compuestos capaces de lograr ese efecto. Esta experiencia lleva a la hipótesis de que, en el futuro, será posible ir a la farmacia a comprar una píldora del olvido, en particular aplicable a situaciones de estrés postraumáticos (que, lejos de los academicismos, suelen llamarse “mambos”). La misma pondría en acción, ante situaciones desagradables, un doble mecanismo de defensa: olvidarse de la situación y también del hecho de haberla olvidado.

Jugar con la memoria, de todos modos, es riesgoso. Si durante el efecto pensamos en otras cosas, existe el riesgo de borrar accidentalmente otros recuerdos. El desafío es lograr aplicarlo con suficiente selectividad.

## **MEMORIA: INSERTE LA TARJETA EN LA RANURA**

Una segunda falla de la memoria también mencionada con anterioridad tiene que ver con la tendencia a olvidar cosas que quisiéramos recordar. Theodore Berger es un experto en neurociencia de la Universidad del Sur de California (USC), desde donde lidera algunos de los experimentos más asombrosos de entendimiento y manipulación de la memoria. Por más de dos décadas, se dedicó a dilucidar su base neuronal y diseñar chips de computadora capaces de reproducir los impulsos eléctricos de un área cerebral específica.

En 2011, tomó un ratón en su laboratorio y le enseñó una tarea sencilla: lo enfrentaron a dos

palancas, una de las cuales le permitía obtener alimento. Una vez que aprendió cuál funcionaba, le inyectaron una droga inhibidora del funcionamiento normal del hipocampo, la parte del cerebro que controla la creación de recuerdos de largo plazo y el aprendizaje. Bajo los efectos de esa sustancia, el ratón ya no recordaba qué palanca accionar. Luego, conectó con electrodos a su cerebro una prótesis de memoria externa que imitara la secuencia de pulsos neuronales idéntica a la que generó anteriormente el recuerdo original. Así, el ratón recuperó su capacidad de recordar y aprender. Adicionalmente, la prótesis contaba con un *switch*: si la apagaban, el ratón olvidaba todo; al encenderla reaparecía la memoria.

El resultado más importante de la experiencia, luego de haber sido aplicada a varios ratones, surgía cuando se iba el efecto de las sustancias químicas y los ratones recuperaban su memoria biológica: los que mantenían las prótesis conectadas demostraban tener mayor capacidad de recordar y aprender que los otros. Con posterioridad a ese resultado, en 2013 se realizaron ya las primeras pruebas en monos, paso previo a, eventualmente, desarrollar prótesis neuronales para humanos.

En una entrevista con el *MIT Technology Review*, Theodore Berger declaró: “Nunca pensé que vería esta tecnología usada en humanos. Nuestras discusiones ahora son acerca de cuándo y cómo”. Los olvidadizos estaremos esperando ansiosos.

## LA MANERA MÁS RÁPIDA DE APRENDER

Una de las principales consecuencias de nuestro peculiar sistema para recordar es lo difícil que nos resulta aprender. Si lo comparamos con una computadora, para la máquina aprender algo nuevo es tan simple como cargar otro programa en su memoria. Si el programa ya está escrito, apenas toma unos segundos. Para nosotros, en cambio, incorporar conocimiento nuevo es un proceso tortuoso que involucra muchísimas horas, repetición y desarrollo de las claves contextuales que nos permitan luego invocar el recuerdo de lo aprendido. Por eso, una de las principales aplicaciones futuras de los implantes neuronales de Berger será inducir rápidamente el aprendizaje.

*Joe 90* fue una serie de marionetas popular en la década del 60 y 70 (¡sí, jóvenes lectores! ¡Quienes crecimos en esa época veíamos series de marionetas! No saben lo que se perdieron...) en la que el protagonista era un niño de 9 años que actuaba como súper agente, gracias a una máquina capaz de grabar de manera casi instantánea conocimiento nuevo en su cerebro. Una vez más, la tecnología parece encaminada a hacer realidad la ciencia ficción reciente: en los experimentos de Berger pudieron constatar que si se registra en la prótesis la secuencia de impulsos neuronales que conduce a la formación de un recuerdo en particular, es posible reproducir esa misma secuencia en otro momento y generar el recuerdo a voluntad.

Estas investigaciones se ubican en una etapa inicial. La intervención en animales aún es invasiva, y la aplicación de los electrodos puede producir potenciales daños colaterales en otras áreas del cerebro. Pero están empezando a darse los primeros pasos para concretar el sueño de “grabar” información deseada rápidamente. En la medida en que el sustrato mismo del cerebro no esté irremediablemente dañado, esto permitirá algún día devolver recuerdos a quienes sufren de enfermedades como el Alzheimer. También podrá permitir la transmisión de memorias de un cerebro a otro y generar aprendizajes de manera casi instantánea.

En paralelo, un grupo de científicos de la Boston University liderado por Kazuhisa Shibata, junto a un laboratorio japonés, experimentan con una técnica diferente llamada “Neurofeedback decodificado” (DecNef, por sus siglas en inglés), que promete lograr lo mismo de manera no invasiva, utilizando la corteza visual. Para ello, muestran una serie de imágenes que inducen un patrón de actividad cerebral asociado con el aprendizaje de una tarea específica. En un experimento publicado en la revista *Science* a fines de 2011, un grupo de personas mejoró notablemente su rendimiento en una tarea visual, sin haber tenido la menor conciencia de lo que estaban aprendiendo. Actualmente trabajan en expandir el resultado a otro tipo de aprendizajes tan variados como tocar el piano o lanzar una pelota de béisbol con precisión.

La meta, de todos modos, va un paso más allá: solucionar todos nuestros problemas de memoria complementando la mente humana con una prótesis externa de acceso directo que permita almacenar y recuperar de manera sencilla e inequívoca todo lo que hayamos aprendido. Mejor aun, podríamos incluir la Wikipedia completa precargada y contar de manera inmediata con gran parte del conocimiento de la humanidad al alcance de nuestro pensamiento.

## **¿DÓNDE ESTÁ EL LÍMITE DE LO HUMANO?**

Ya sea en discusiones de sobremesa o en conversaciones después de alguna de mis presentaciones públicas, siempre me resulta llamativa la pasión con la que muchos interlocutores defienden con uñas y dientes el valor de nuestras imperfecciones como componentes esenciales de humanidad. Mirado desde esa perspectiva, ser olvidadizos, irracionales y manipulables es lo que nos hace humanos. En algún sentido, es como si los años de convivir con nuestros propios defectos e idiosincrasias nos hubieran hecho enamorarnos de ellos.

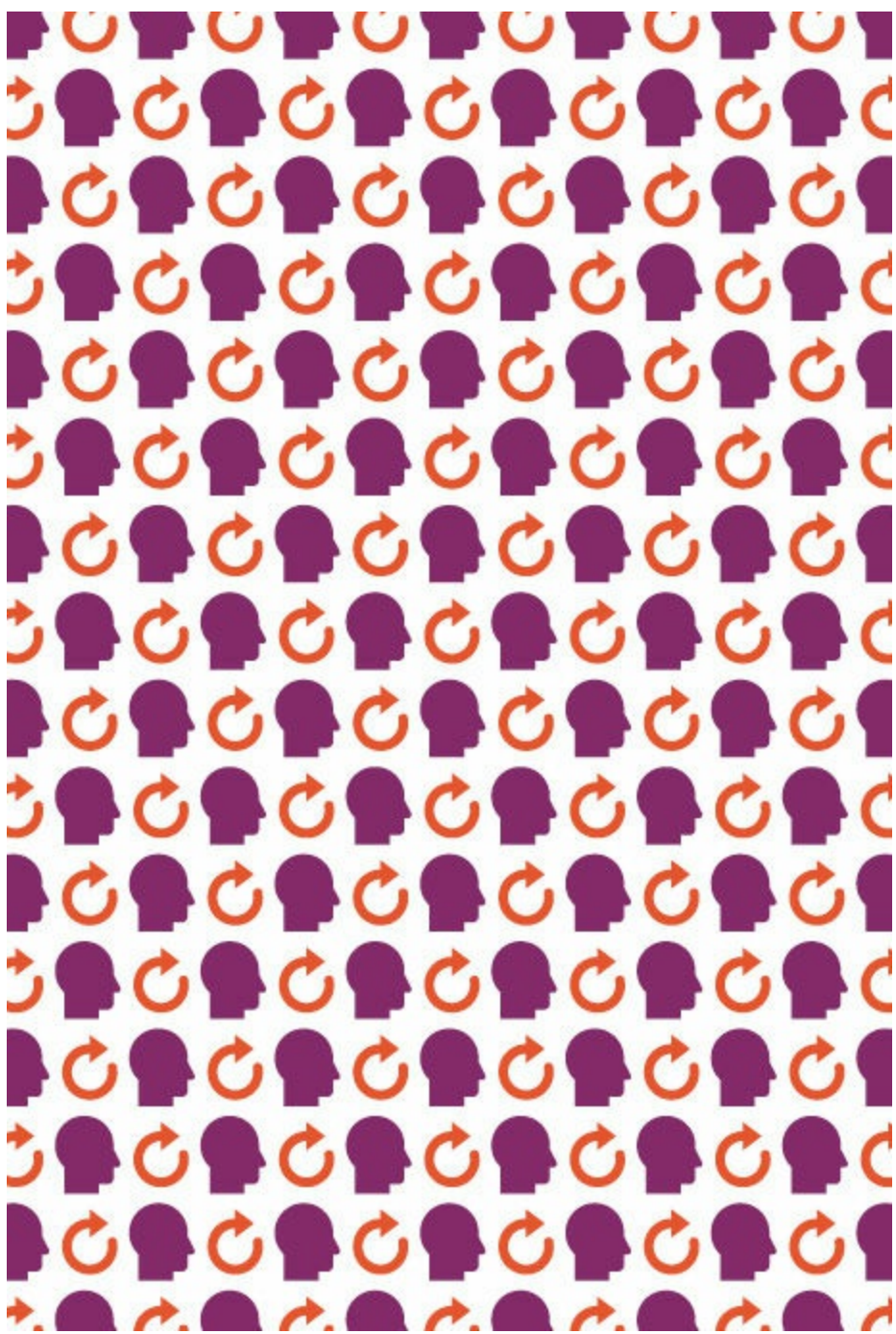
Aunque creo que hay mérito en esta reivindicación de la falla como elemento constitutivo de lo humano, también considero que vale la pena experimentar cómo sería ser diferentes. De cualquier modo, poco importan nuestras opiniones: estamos ya lanzados en este proceso de hackear la mente humana.

Las consecuencias de este tipo de experimentación, sin embargo, son difíciles de prever. Tal vez, con toda su complejidad, el cerebro es lo mejor que puede ser y, si lo modificamos, lo que *a priori* parece una mejora termine jugando en contra. Después de todo, las estructuras más antiguas del cerebro, como el sistema límbico responsable en gran medida de nuestras emociones, todavía juegan un rol importante en la interacción con la memoria y las decisiones. ¿Cómo se adaptaría el sistema límbico a un volumen inusitado de recuerdos propios, que fueron olvidados por nuestro cerebro a lo largo de la vida y que de repente son restituidos con hardware o con un fármaco? ¿Cómo respondería frente a recuerdos que no son propios y conocimientos que fueron “insertados”, totalmente desprovistos de las emociones que usualmente los acompañan?

Quizás el aspecto más inquietante de estas líneas de avance es que, al principio, no es necesario que mucha gente las acepte e incorpore para que su alcance se haga masivo: habiendo mejorado la mente de algunos, la brecha entre éstos y los seres humanos “estándar” podría rápidamente hacerse insostenible, más aún que entre *El hombre nuclear* y sus pares “normales”. Hay un paso peligrosamente corto entre que la mejora mental sea posible a que se vuelva “imprescindible”.

Por otro lado, está claro que tener algunas partes no biológicas no nos hace menos humanos. Casi todos, por ejemplo, tenemos amalgamas o coronas en nuestras muelas. Y hay gente que directamente le debe su vida a partes electrónicas: un marcapasos le permite a su corazón latir con el ritmo correcto. Pero ¿cuánta tecnología es demasiado? ¿En qué punto, con la incorporación de partes no biológicas en el cuerpo y la mente, una persona deja de ser humana?

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP4](http://libro.bilinkis.com/cap4)





## CAPÍTULO 5

LA INTELIGENCIA  
— de las —  
**COMPUTADORAS**  
— y la —  
**llegada**  
— de los —  
**ROBOTS**

# INTELIGENCIA = LO QUE LAS COMPUTADORAS NO HACEN

Si hay un campo que ha generado desencanto por haber estado por debajo de las expectativas generadas por la imaginación colectiva es el de la inteligencia artificial (IA). Esta rama del conocimiento ganó impulso en la década del 60, cuando Marvin Minsky fundó el laboratorio de IA del Massachusetts Institute of Technology (MIT), en Boston. Rápidamente, el mundo empezó a especular con la existencia futura de computadoras pensantes. Hoy la mayoría de la gente piensa que aquella premisa era un *bluff*, y que los equipos informáticos no tienen inteligencia ni la tendrán. Pero en esa creencia existe una confusión.

La realidad es que la IA tiene dos ramas. Una, la IA simple, no busca que las computadoras piensen en el sentido en que lo hacemos los humanos. Sólo intenta que las computadoras resuelvan mejor que nosotros problemas puntuales en un ámbito de dominio muy específico. La otra, la IA general, de la que nos ocuparemos en el capítulo próximo, sí busca crear máquinas pensantes. En esta segunda rama se avanzó aún menos y eso es lo que produce que muchos consideren que la IA es un fracaso.

Es habitual minimizar los logros de la inteligencia artificial simple con el argumento de que, como las máquinas fueron programadas por humanos, no hay allí verdadera inteligencia. Cada vez que logramos entender el proceso que está detrás de aterrizar un avión, sacar una raíz cuadrada o hacer jaque a una reina, se pierde el misterio y nos parece que, en realidad, la inteligencia no era necesaria para resolver esa tarea. Si cada vez que las computadoras logran hacer algo, y en el proceso cambiamos la definición de inteligencia para excluir lo conseguido, el fracaso de la IA se vuelve tautológico: ¡inteligencia es todo aquello que las computadoras no pueden hacer!

## LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ES OMNIPRESENTE

Sin embargo, vivimos completamente rodeados por formas de IA simple. Si años atrás te hubiera preguntado si es necesario ser inteligente para poder resolver una operación aritmética como  $7.689 \times 4.347$ , seguramente me habrías dicho que sí hace falta. Sin embargo, una calculadora puede resolver esa cuenta mucho más rápido que cualquier ser humano y no nos parece que ese objeto sea inteligente. Entonces concluimos que, contrariamente a lo que pensábamos, resolver operaciones aritméticas no requiere inteligencia, sino apenas capacidad de cálculo.

¿Alguien duda de que para mover acertadamente las piezas y ganar una partida de ajedrez se requiere inteligencia? Sin embargo, llegó IBM, invirtió cientos de millones de dólares para construir Deep Blue y logró que en 1997 esa computadora venciera a Garry Kasparov, el número uno del

mundo en aquel momento. La ventaja principal de Deep Blue es su capacidad para analizar millones de movidas posibles de un modo imposible para una mente humana, aun una de las más brillantes. No nos queda otra que insistir: “Se ve que no hacía falta inteligencia para jugar al ajedrez, alcanza con fuerza bruta de cómputo”.

Podemos observar la IA en acción en muchas otras áreas de la vida cotidiana. ¿Es imprescindible la inteligencia para recomendar a alguien un buen libro, uno que vaya a gustarle mucho leer? Bueno, cada persona que entra al sitio de Amazon ve una página distinta que refleja de manera precisa sus gustos individuales. Eso no lo hace un ser humano muy culto sino un algoritmo, un programa de computadora.

¿Y para elegir el mejor camino entre dos puntos? En principio, nos gustaría pensar que sí, pero hoy en día nos subimos a un taxi, y cada vez más frecuentemente el conductor carga el destino en su GPS o teléfono celular y la ruta resultante suele ser mejor que la que hubiese decidido él sin asistencia, pese a que lleva quince años recorriendo las calles de esa ciudad. La mejora se hizo recientemente más notoria a partir de aplicaciones como Waze, que alimenta al algoritmo con la información sobre el estado del tránsito en tiempo real y los reportes de sus usuarios sobre lo que está ocurriendo en las calles.

## **AJEDREZ: COMPUTADORAS 1 – HUMANOS 0**

El 11 de mayo de 1997 no fue una jornada cualquiera. Ese día las computadoras marcaron el primer hito de su carrera por igualar y superar a los humanos en inteligencia. El hecho, mencionado al pasar en el apartado anterior, es de gran relevancia: Deep Blue, una máquina construida por IBM, venció al campeón mundial de ajedrez, Garry Kasparov, en un juego que duró seis partidas: dos ganadas por el equipo, tres que terminaron en tablas y una que quedó en manos del ruso. El evento se extendió durante varios días y tuvo una cobertura impresionante en los medios, que comprendieron que se trataba del traslado a la realidad del viejo desafío del hombre contra la máquina.

Los investigadores de IBM, según cuenta la propia empresa, se interesaron en el ajedrez computarizado desde principios de los 50. En 1985, Feng-Hsiung Hsu, estudiante de la Universidad Carnegie Mellon, comenzó a trabajar junto con su compañero Murray Campbell en el proyecto ChipTest, una máquina para jugar ajedrez. Ambos fueron contratados por IBM Research en 1989. Junto con otros científicos, tuvieron lista la versión inicial de Deep Blue en 1996. La primera vez que se enfrentaron, en un match a seis partidas, Kasparov, un escéptico de la capacidad de las computadoras para ganar en ese deporte, venció a la máquina. Pero cuando volvieron a cruzarse un

año después, Deep Blue tuvo su revancha, luego de que Kasparov cometiera un error fatal en la sexta y última partida. Las computadoras lograban su primer gran golpe.

Deep Blue era una supercomputadora de un costo sideral capaz de explorar 200 millones de posiciones posibles por segundo. Tal fue el costo y el poder de cómputo necesarios para vencer al campeón. Pero la investigación sobre el ajedrez por computadora no se detuvo con esa victoria. Hoy el software Fritz corre en cualquier dispositivo doméstico, cuesta unos pocos dólares y casi no hay seres humanos que puedan vencerlo en su nivel de dificultad más elevado.

¿Qué es de la vida de los contendientes de aquel gran duelo de 1997? Al cierre de este libro, el bueno de Garry es miembro de la junta directiva de Human Rights Foundation, una organización sin fines de lucro que pelea por los derechos humanos en el mundo. Mientras tanto, Deep Blue descansa en el Museo Smithsonian, de Washington DC.

## ***JEOPARDY!:*** **COMPUTADORAS 2 – HUMANOS 0**

Otro ejemplo de inteligencia artificial simple, de pelea hombre-máquina y de victoria de la computadora, ocurrió recientemente. *Jeopardy!* es un programa de televisión muy popular en Estados Unidos en el que tres participantes que se someten a un juego de preguntas y respuestas muy difíciles. La dificultad estriba en que las consultas están diseñadas para exigir al máximo la erudición humana. En general los enunciados son capciosos, tienen doble sentido, requieren asociar conceptos o aplicar pensamiento creativo. La información, por vasta que sea, no alcanza para contestar las preguntas. Es decir, generalmente las respuestas no están al alcance directo de Google ni de Wikipedia. En otras palabras, es indudable que se requiere de inteligencia para jugarlo.

Para competir en *Jeopardy!* IBM desarrolló una IA llamada Watson y la enfrentó a los dos mejores jugadores de la historia del programa. El encuentro se produjo en 2011. Ken y Brad, sus oponentes, eran personas que habían ganado más de tres millones de dólares cada uno respondiendo preguntas en el programa televisivo. Frente a los participantes se ve un gran panel con categorías y puntajes. Se elige un primer casillero. Cada participante tiene un pulsador en la mano que debe activar luego de escuchar la pregunta del presentador. Quien lo hace primero, tiene el derecho a responder. Si lo hace bien, suma esos puntos. Si no, resta.

Watson pulsó el botón inmediatamente después de que se escuchara la primera pregunta y contestó correctamente. Lo mismo pasó con la segunda y la tercera. Si bien Ken y Brad en ocasiones pulsaron antes y tuvieron oportunidad de responder algunas, lo cierto es que la computadora los dominó por completo, obteniendo más del triple de puntos que quien terminó en el segundo lugar.

Lo interesante, no obstante, no es que una computadora haya aplastado a dos de las personas más eruditas del planeta, sino lo que IBM decidió hacer con Watson después de su triunfo. El siguiente gran desafío para Watson fue “enviarlo a la facultad de medicina”, para formar lo como médico. Su primera tarea, comenzada en 2013, fue el diagnóstico de cáncer por imágenes y, ya en las pruebas iniciales, demostró más precisión que cualquier médico humano. Incluso que el oncólogo Mark Kris, a cargo del equipo que le “enseñó” a Watson a asistir a los doctores a diseñar tratamientos individualizados para los pacientes. En marzo de 2014, IBM decidió aplicar a Watson también para dilucidar la base genética del cáncer cerebral, como primer paso antes de darle más y más manejo de esta tremenda enfermedad. En unos años, cuando Watson se haya formado en todas las ramas de la medicina y esté preparado para ser médico clínico... ¿Quién va a querer que lo diagnostique un médico humano? ¿Y qué doctor se va a animar a contradecirlo?

Adicionalmente, es esperable que con Watson ocurra algo similar a lo que sucedió con Deep Blue. Si bien costó cientos de millones de dólares y requiere aún de una supercomputadora para funcionar, probablemente dentro de diez o quince años Watson correrá en cualquier teléfono, valdrá un puñado de dólares y nos ofrecerá la atención del mejor médico del mundo, ya sea que estemos en el lugar más aislado de la Puna o en el punto más recóndito del África.

Mientras escribía este libro, en este juego en el que lo lineal se vuelve exponencial cuando es tocado por la varita de lo digital, IBM anunció que convierte a Watson en una plataforma abierta. ¿Qué significa eso? Que cualquiera puede ya utilizarlo como base para crear sus propias aplicaciones, lo que acelera drásticamente el desarrollo de “Watsons” para otros usos y abre las posibilidades al infinito. Con seguridad, en este preciso momento equipos de todo el mundo trabajan de manera descentralizada para crear Watsons abogados, Watsons ingenieros, o (el que yo espero con más ansia) ¡Watsons políticos!

## **COMPUTADORA INTELIGENTE + UN CUERPO = ROBOT**

Como un poderoso león que vive en una jaula de zoológico, la inteligencia de una computadora arriba de un escritorio nos deja con una sensación de “incompletitud”, de encierro. Si las dotamos de inteligencia, es hora de que les demos también un cuerpo con el que interactuar con el mundo. Los mejores ejemplos de IA simple hoy en día tienen forma de robot.

Desde siempre, los seres humanos tuvimos la fantasía de vivir rodeados de robots. Quienes superamos las cuatro décadas de vida, atravesamos una infancia “invadida” por Robotina, la eficiente chica de la limpieza en la casa de *Los Supersónicos (The Jetsons)*, una serie de dibujos animados sobre una familia del futuro popular en los 60 y 70. O por Astroboy, un dibujo animado

japonés de la misma época que cuenta las andanzas de un niño-robot creado por un científico loco. Con ellos, convivían el prácticamente invencible Androide, de *Titanes en el Ring*, los famosos C3PO y R2D2 (popularmente conocidos como Chichipío y Arturito) de *La guerra de las galaxias* o el literal Jaime, de *El superagente 86*.

Tal variedad de caracteres nos hace pensar en qué es lo que define a un robot. Si bien existen muchas definiciones, la que lo describe como “máquina manejada por una computadora” parece ser la más apropiada. Agreguemos que debe tener algún tipo de sensores para entender el contexto, capacidad de procesamiento (dada en muchos casos por la computadora que lo controla) y actuadores que le permitan modificar de alguna manera su entorno. ¿Un robot muy común con el que muchos interactuamos? Los trenes que ningún ser humano maneja y que sirven para llevar pasajeros de una terminal a otra en algunos grandes aeropuertos del mundo: los controla una computadora, tiene sensores (puede detectar cuándo llegó al andén o si hay alguna persona bloqueando las puertas) y activadores (el mensaje “Atención, se cierra la puerta” y el cierre mismo, un motor para arrancar, un freno para detenerse). Por lo tanto, la definición es lo suficientemente amplia como para abarcar mucho más que terminators o robotinas.

La búsqueda de artilugios mecánicos que emulen humanos o animales es un desvelo que nos persigue desde siempre. Arquitas de Tarento, filósofo, matemático y astrónomo contemporáneo de Platón, diseñó un pájaro que se movía con aire comprimido. Leonardo Da Vinci, que hizo prácticamente todo lo que se podía hacer en su época, bocetó una máquina humanoide en 1495 que pudo ser construida recién hace unos años. El primer robot con forma de persona que “cobró vida” fue Elektro, en 1939. Se trató de un desarrollo que la empresa Westinghouse, conocida por sus electrodomésticos, realizó durante dos años. En 1981, tuvo lugar por primera vez una pesadilla recurrente de nuestra especie: un robot mató a una persona. El accidente ocurrió con una mano mecánica en la fábrica de Kawasaki en Japón y el malogrado trabajador se llamaba Kenji Urada.

La palabra proviene del vocablo *robot*, que en idioma checo significa “trabajo forzado”. El escritor Karel Čapek fue el primero en adaptar ese término y usar “robot” para referirse a un autómatas en una obra de 1921 llamada *RUR (Robots universales de Rossum)*. Y ya en ese primer esbozo aparecen los problemas de interacción que serán una constante en la ficción: al final, los robots se rebelan y matan a sus dueños.

El anhelo de vivir entre robots que nos ayuden, finalmente, está empezando a concretarse. Y también, como veremos sobre el final del capítulo, comienza a parecer fundado el temor de que se vuelvan en nuestra contra y nos ataquen. Aunque ninguno se parece demasiado a los de la ciencia ficción de décadas pasadas, más y más compañías empiezan a construir robots y venderlos en usos muy variados. Sólo durante 2013 Google, que parece decidido a jugar un rol central en su

proliferación, compró siete de las compañías de robótica más avanzadas tecnológicamente del mundo. Veremos ahora algunas de las variadas áreas en que los robots empiezan a enriquecer (¡y amenazar!) nuestra vida.

## **ROBOTS PARA ESTAR EN LUGARES IMPOSIBLES**

Si decidiéramos agrupar los robots por categoría, una de las más interesantes y promisorias sería la de “robots que nos permiten ir a lugares imposibles”. Como mencioné brevemente en la introducción, hace cuatro años, un viernes a la noche, me llegó un correo electrónico con una invitación para ese mismo sábado: un cóctel. Nada fuera de lo común, exceptuando el hecho de que el encuentro era en San Francisco y yo en ese momento me encontraba en Buenos Aires. ¿Qué sucedió? ¿Acaso XPRIZE, el anfitrión del evento, me había olvidado y a último momento trató de subsanar su omisión? Nada de eso. La invitación no era para que yo estuviera físicamente presente, sino para asistir a la reunión a través de un avatar robótico.

Con mi robot, que se llamaba Texai y había sido construido por la empresa Willow Garage, yo me movía entre la gente con cierta discreción, reflejo de la misma timidez que hubiese sentido de haber estado realmente allí. Pero muchos de los asistentes de cuerpo presente se sorprendían de verlo y esperaban en fila para hablar conmigo. Algunos se sorprendían al saber que yo me encontraba a miles de kilómetros. Técnicamente la experiencia no fue sencilla. Un retraso de medio segundo desde que yo decidía moverme hasta que veía que el robot se había movido limitó mucho mi capacidad de desplazarme en una sala llena de gente. Mi nerviosismo quedó documentado en un video que compartí en mi blog y mi canal de Youtube. Pero esos inconvenientes deberían subsanarse relativamente pronto. Según mi amigo Ramiro Fernández, que me acompañó esa noche, fui excesivamente tímido: si hubiera “manejado” él, al día siguiente los titulares de los diarios de San Francisco habrían dicho en tapa: “¡Robot desquiciado arruina cóctel!”. La experiencia también me sirvió para entender una falencia que aún tiene esta tecnología y que posiblemente sí sea insalvable: vi pasar muchas bandejas con tragos y con canapés, ¡pero no pude servirme nada!

Podemos esperar que robots de telepresencia y telecomandados como éstos comiencen a ser cada vez más comunes. Hoy la gente gasta muchísimo dinero en pasajes, estadías y comidas para asistir a conferencias y exposiciones, cuando podría vivir la experiencia de manera suficientemente buena con alguno de estos robots. También sirven para estar en dos lugares al mismo tiempo: ese cóctel en San Francisco y la apertura de una muestra de arte en Berlín, por ejemplo.

El telecomando también va a cobrar cada vez mayor fuerza en actividades laborales de riesgo o que generen incomodidad. Pensemos en los pilotos de avión. Llevan una vida muy difícil: viajan

durante mucho tiempo, tiene horarios espantosos y un error en su trabajo puede potencialmente ser fatal para ellos y cientos de personas. Sin embargo, los aviones no necesitan que el comandante esté ahí: podrían pilotarse desde tierra, en una oficina que reproduzca los controles de la cabina. Los pilotos estarían más descansados y menos estresados; pero aun si un piloto se cansa, le da sueño o se termina una jornada estándar de ocho horas, podría ser reemplazado en pleno vuelo por un colega. Parece muy lógico hacer este cambio y, sin embargo, hay una duda importante: ¿subiríamos como pasajeros a un avión cuyo comandante no estuviera a bordo? El hecho de que la vida del piloto esté en juego tanto como la nuestra nos da la tranquilidad de que sus intereses están alineados. Como veremos más adelante, en el mundo militar los aviones tripulados de manera remota ya son moneda corriente. Y si bien en la aviación comercial todavía no hay experiencias, en febrero de 2014 Rolls Royce anunció que está trabajando en construir grandes barcos cargueros sin capitán ni tripulación, que serán guiados enteramente desde tierra firme.

También aumenta el uso de robots en minería, en particular la subterránea. Camiones, topadoras y perforadoras que se manejan con *joystick* y que evitan a los operarios ingresar a esas profundidades poco saludables: hacen todo desde oficinas con aire acondicionado.

Otra actividad en la que predomina el uso de robots por sobre el de seres humanos es la exploración espacial. Sacando los viajes tripulados a la Luna y algunas estaciones espaciales, el resto de la tarea fue hecho por máquinas. El caso más interesante entre los recientes es el de Curiosity, que en 2012 descendió en Marte, un terreno muy hostil donde con la tecnología actual sería imposible llevar a un ser humano. Sus antecesores de 2004, Spirit y Opportunity (uno de los cuales diez años después sigue funcionando), tenían el tamaño de un karting y pesaban unos 180 kilos. Curiosity es mucho mayor: pesa una tonelada y tiene el tamaño de un Mini Cooper. Así, pudo incorporar mucha tecnología para ver, tocar y sentir Marte. Además, logró un importante grado de autonomía. Por ejemplo, en un momento en que el Planeta Rojo y la Tierra se ubicaron a lados opuestos del Sol (algo que sucede cada dos años) estuvo 25 días librado a su propia suerte. Para ese tiempo en que no se lo podía conducir, le dejaron una serie de tareas para resolver y, en el momento del “reencuentro”, ya estaban todas listas.

En un marco mucho más doméstico, los robots de telepresencia pueden utilizarse para no extrañar. Hay gente que, por su trabajo, viaja mucho y pasa demasiado tiempo alejada de su familia. Para ellos, existen modelos como Spykee o Rovio, de la empresa WowWee, que permiten moverse por la casa, jugar con los hijos y verificar que todo esté bien. Por supuesto, puede suceder lo que le ocurrió a un amigo mío: la esposa le recriminaba la cantidad de tiempo que pasaba fuera de casa y le aseguraba que tanto ella como los chicos querían estar con él, no con el robot. Ante la falta de respuesta de mi amigo, el día del padre siguiente ella se levantó, preparó un desayuno sorpresa,

despertó a los hijos, juntaron todos los regalos y llevaron todo... ¡a la “cama” del robot!

## ROBOTS QUE AYUDAN EN LA CASA

La casa nos depara muchas tareas tediosas: desde lavar la ropa hasta limpiar los pisos. No es casualidad que Robotina haya sido una de las primeras “invenciones” robóticas de la ciencia ficción. Otra categoría apunta a desarrollar robots que nos alivien las labores domésticas.

Por lo pronto, ya existe Roomba, la “aspiradora robótica”, un desarrollo de la empresa iRobot. El primer día, Roomba va construyendo un mapa de los objetos de la casa. Choca con las paredes y objetos y aprende. Luego, reconoce todo y se mueve como si los obstáculos no estuvieran. Se la puede programar para que aspire a una hora en la que no hay nadie en la casa y si se queda sin batería vuelve sola a la base, se carga durante un rato y sigue trabajando. Según el fabricante, Roomba genera una gran identificación entre sus usuarios. El 30 por ciento le pone nombre, la mayoría le habla y muchos la hacen trabajar cuando están presentes para poder verla. Incluso, apareció un sitio que vende disfraces ([myroombud.com](http://myroombud.com)) que van desde un traje de sapo a otro de sushi (aprovechando la forma redonda del robot). La misma empresa ya lanzó varios “hermanitos” de Roomba: Scooba, que lava los pisos; Braava, que los trapea; Mirra, que limpia los fondos de las piletas, y Looj, que higieniza cloacas.

Otra tarea molesta es doblar la ropa luego del lavado. Pues bien, el estudiante Jeremy Maitin-Shepard, de la Universidad de Berkeley, diseñó junto a su profesor Pieter Abbeel, un robot que toma las prendas de a una, las observa (para aprender su forma y comprender si se trata de una remera o de un calzoncillo) y las deja prolijamente dobladas. Tarda mucho aún, es cierto, aunque no mucho más que una persona con manos torpes.

## ROBOTS QUE NOS ACOMPAÑAN

Una segunda línea de trabajo entre los creadores de robots es la de estimular la empatía con los seres humanos. Hay mucha investigación alrededor del reconocimiento y, por qué no, la generación de emociones. No se trata en este caso de lo que los robots sienten sino de lo que nos hacen sentir. La idea es que sean capaces de “leer” nuestras expresiones e inferir si estamos tristes o contentos, que puedan hacer contacto visual, que miren lo que nosotros miramos, que puedan reírse o poner cara de enojados. Robots sociales, que estarían empezando a parecerse a los seres humanos.

David Hanson creó uno con la cara de Einstein que, por momentos, parece ser una persona real que responde a emociones. Kismet, desarrollado en el MIT, sigue a uno con la mirada y observa lo

mismo en lo que uno pone atención. Así, como un bebé, puede interpretar cómo nos sentimos aunque no comprenda nuestras palabras. Entiende si estamos enojados. Cuando el investigador lo reta, la expresión de Kismet se pone triste. Cuando le dice que no se preocupe, retoma su buen humor. En esta misma línea se ubica Leonardo, un robot parecido a los Gremlins (antes de que los toque el agua de la medianoche y los convierta en monstruos). A Leonardo le muestran una serie de imágenes de personajes y le explican cuáles son los buenos y cuáles los malos. Después de un rato, cuando ve a alguno de los malos pone cara de susto, y cuando visualiza uno del otro grupo, reacciona de manera positiva.

En esta categoría de “robots de compañía”, se agregan también los diseñados para ayudar a ancianos. Se trata de desarrollos muy útiles en países como Japón, que tienen una expectativa de vida muy alta. Estos robots sirven tanto para bañarlos (es el caso de Cody, una creación del laboratorio de robótica para la salud de Georgia Tech) o, simplemente, recordarles que tomen las medicinas, encontrarles los anteojos cuando se pierden o ayudarlos a ponerse de pie si tropiezan (tal como ocurre con Hector, desarrollado en el Reino Unido por la Universidad de Reading).

Y si se trata de compañía... no pueden quedar de lado los muchos prototipos de robots ya disponibles para interactuar con seres humanos en el ámbito sexual. Las relaciones con robots tienen muchas ventajas: son seguras desde el punto de vista de las enfermedades de transmisión sexual, no tienen riesgo de embarazos indeseados y no producen compromisos de largo plazo. Difícilmente un robot nos reclame por no haberlo llamado al otro día.

La empresa TrueCompanion es la fabricante de Roxxy, definida por ellos mismos como la “primera robot sexual”. Cuesta mil dólares y su cara inexpresiva no condice con su eslogan: “Roxxy siempre tiene ganas”. Es programable en diversos modos, uno de los cuales, “modo atorranta”, la convierte en malhablada. Su contraparte masculino, Rocky, es un 50 por ciento más caro: 1.500 dólares. Una segunda marca, la creadora de Susie y Harry, está muy por encima en precios: 11.000 dólares. Eso sí, por sólo 300 los alquilan para que el usuario pueda probar la experiencia. En el sitio web de la empresa hay unas galerías de imágenes bastante bizarras. Los más atractivos, no obstante, son los japoneses de Honey Doll. De calidad superior a los anteriores, tienen un precio de mercado de 7.600 dólares. El producto estándar mide 1,56 y pesa 29 kilos, con “busto blando y firme”. Viene con diferentes voces (hasta se le puede incorporar una grabada), cabeza intercambiable (para el que guste de otro color de pelo) apta para sexo oral (incluso, se puede adquirir sólo la boca). No, no estoy bromeando. Hay quienes opinan que este tipo de robots reemplazará en gran medida a la prostitución.

El periódico inglés *The Huffington Post* realizó una encuesta entre sus lectores para saber cuántos usarían robots para tener sexo. Sólo el 9 por ciento respondió afirmativamente, mientras que un 18

por ciento (una cifra muy pequeña, considerando que acabamos de describir productos ya disponibles) consideró que el sexo con robots es algo que puede ocurrir en el futuro. Eso sí, en el mismo estudio, el 42 por ciento indicó que tener sexo con un robot es “infidelidad”, contra un 31 por ciento que opinó lo contrario.

## **ROBOTS QUE NOS CURAN**

Otro de los ámbitos en que los robots jugarán un rol clave es el de la salud. Ya existen muchos ejemplos que funcionan. Uno de los de mayor trayectoria es Da Vinci, utilizado para cirugía. Trabaja desde el año 2000, acumula más de 20.000 operaciones y sus funcionalidades mejoran día a día. Su característica principal: lleva la cirugía más allá de los límites de la mano humana y habilita maniobras antes imposibles. Consta de cuatro brazos robóticos y una cámara que se acerca al paciente y ofrece al cirujano una visión clara y amplificada de la zona.

Los microbots magnéticos, surgidos en 2006, tienen el tamaño de la punta de una birome. Son pequeñas bolitas que con el paso del tiempo y el avance de la investigación se redujeron a 50 micrones (“micro” corresponde a una millonésima de un milímetro), que se inyectan en el flujo sanguíneo y se manejan desde afuera con campos magnéticos para que se aproximen hacia donde el médico necesita. Así, es posible aplicarles una cámara y obtener diagnósticos de precisión absoluta o destapar arterias. Incluso permite hacer llegar drogas a sitios en los que es difícil suministrarlas. La ciencia está trabajando en los nanobots: como los microbots, pero diez mil veces más pequeños.

El reconocido físico norteamericano Richard Feynman ya había predicho en 1950: “Lo ideal sería poder tragarse al cirujano”.

## **ROBOTS QUE NOS ENTRETENEN**

En vista de sus posibilidades comerciales, es esperable que se desarrollen numerosos robots de entretenimiento. Por lo pronto, recientemente los cuadricópteros están causando sensación. Se trata de maquinitas voladoras, muy estables en el aire, con cuatro hélices que se pueden manejar desde una tableta o un teléfono celular. Incluso hay experiencias realizadas por Raffaello D’Andrea retratadas en un video de TED muy impactante: allí puede verse a un robot que vuela o gira haciendo equilibrio con una vara vertical o maniobrando con un vaso con agua sin que se vuelque una gota, o a dos robots que se lanzan objetos en el aire. Más allá del entretenimiento propiamente dicho, ya se encontraron otras funcionalidades para los cuadricópteros. Por ejemplo, se usan habitualmente para colocar cámaras en eventos deportivos y hacer tomas en el aire; en Rusia ya se emplearon para controlar

manifestaciones. Airware, una empresa que los fabrica, está utilizándolos en Kenia para preservar fauna en peligro de extinción, ayudando a guarda parques a controlar grandes extensiones y repeler a cazadores furtivos. Están disponibles en el mercado y se consiguen a partir de los 20 dólares (uno de muy buena calidad ronda los 400).

Por lo demás, no hay límites en este campo. Las opciones van desde un robot capaz de mezclar tragos y preparar cócteles (se llama PartyRobotics) hasta otro que puede armar el Cubo Mágico en sólo cinco segundos (el CubeStormer II). WowWee, ya mencionada en este capítulo, desarrolló muchísimos juguetes robóticos, mientras que los Kiva pueden bailar una coreografía de *El cascanueces*, de Tchaikovski y CHARLI-2, del laboratorio de mecanismos robóticos de Virginia Tech, hace todos los movimientos de Gangnam Style, la canción viral de 2012 del surcoreano PSY. En el plano musical, CompressorHead es una banda de rock compuesta exclusivamente por máquinas.

Otros robots pensados para jugar forman parte del proyecto RoboCup, una iniciativa internacional creada en 1997 y que arma, entre otras competencias, una copa de fútbol entre autómatas antes de los mundiales de la FIFA. Quienes hayan podido ver algún fragmento de un partido habrá notado que la calidad de juego todavía es muy pobre. Sin embargo, la meta de sus organizadores es que para 2050 un equipo de robots sea capaz de ganarle a la selección campeona del mundo. Por supuesto, si eso llegara a ocurrir, no faltará el señor mayor que asegure que en su época se jugaba mucho mejor y los que discutan si el mejor de la historia fue Pelé, Maradona, Messi o el robot HPR-300.

## ROBOTS PARA LA GUERRA

La última categoría que mencionaremos es, a su vez, la más inquietante. Según P. W. Singer, especialista en guerras, antes de comenzar su intervención en Irak, Estados Unidos tenía unos pocos “drones”, como se llama a los vehículos aéreos no tripulados, y ningún robot de tierra. Actualmente cuenta con 5.300 drones y 12.000 robots de tierra. Se estima que para 2015, la potencia norteamericana tendrá más robots que personas en territorio iraquí.

La historia de los drones se remonta a la década del 70. Ya en los 90 fueron utilizados en la Guerra de los Balcanes, aunque mayormente con fines de espionaje: eran naves que podían cargar hasta 200 kilos y lograban una autonomía de 24 horas, con lo cual podían llevar equipo filmico y tomar imágenes. Recién en 2001 incorporaron armamento. Se manifestaron, entonces, como equipos con mucha precisión, capaces de acertar a blancos en movimiento. Ya en 2009, en Estados Unidos se capacitaban más pilotos de guerra “de joystick” que de cabina. Esto significa que, lejos de la imagen que nos proporcionó a varias generaciones *Top Gun*, de Tony Scott e interpretada por un joven Tom

Cruise, hoy el piloto norteamericano típico viaja hasta la base más cercana a su domicilio, maneja drones en Irak y Afganistán y, a la hora de la cena, está sentado a la mesa junto a sus hijos.

Semejante sencillez ya produjo algunos efectos colaterales. Aparentemente, se están perpetrando ataques con drones en países como Pakistán o Yemen, con los que Estados Unidos no está en guerra, sólo para dar con blancos sospechosos. La página [drones.pitchinteractive.com](http://drones.pitchinteractive.com) denuncia que en Pakistán, desde 2004, hubo 3.207 fallecidos por ataques de naves no tripuladas norteamericanas. De ese total, sólo 49 califican como terroristas “de alto perfil”. El resto son soldados rasos y civiles (535) o niños (175).

Ya son 43 los países que están desarrollando robots bélicos, incluyendo, por ejemplo, a Irán. Corea del Sur cuenta con una gran cantidad de robots, muchos de ellos desarrollados y fabricados por Samsung, para patrullar su frontera con Corea del Norte.

Por otra parte, los robots de tierra tienen un aspecto similar al de un tanque chico y suelen llevar las herramientas que necesitan según su función: pueden ser armas, sensores o material para diseñar bombas. iRobot, la misma fabricante de Roomba, diseñó Packbot para uso militar y hasta tiene un sitio web en el que ofrece accesorios para hacerlo más destructivo. Por otra parte, QinetIQ anuncia, sin eufemismos, “robots para hacer el trabajo sucio”.

Algunas consideraciones finales. En primer lugar, como toda máquina, los robots militares ocasionalmente pueden fallar. Singer denomina “*Oops Moments*” a estos “lapsus”. Por ejemplo, un cañón antiaéreo en Sudáfrica tuvo un error de software y mató nueve soldados. Una cosa es que falle una computadora utilizada para procesar textos y otra, el error de una máquina que maneja ametralladoras o morteros.

En segundo lugar, a diferencia de un cazabombardero o una bomba atómica, que son caros y complejos, los robots para la guerra se pueden fabricar con bajo costo. Esto podría causar una proliferación difícil de controlar. Incluso existen planos en internet para crear máquinas bastante mortíferas por sólo mil dólares. Recordemos el ejemplo del Unabomber y sus cartas de baja potencia.

Por último, existe un riesgo a futuro: en qué medida estos robots tendrán autonomía para decidir abrir fuego sin intervención de un humano. Tanto Estados Unidos como Corea del Sur aclaran que siempre será un ser humano el que “oprime el botón”. Sin embargo, la intervención de una o más personas en la toma de esa decisión implica una demora. ¿Qué ocurrirá cuando un país, digamos Corea del Norte, decida dar autonomía a sus robots bélicos? Los disparos saldrán más rápido, aniquilando al ejército rival antes de que éste tenga oportunidad de contraatacar. Bastará que un país rompa esa regla para que los demás se vean empujados a imitarlo.

Las guerras con máquinas reducen la pérdida de vidas y, como consecuencia, el costo político de

los líderes que las generan. Disminuir la cantidad de muertes sin duda es positivo, pero a la vez puede llevar a incrementar a futuro el número de conflictos. Además, la tecnología de la que disponen los robots deja innumerables filmaciones que convierten la batalla en un espectáculo banal. Según Singer, armar robots para la guerra es, para esta generación, un error equivalente a haber construido la bomba atómica en su momento. Para el experto, harán falta muchísimos años, demasiado trabajo y un gran volumen de acuerdos internacionales para desarmar el arsenal de máquinas bélicas que se está acumulando.

## **LA IA SIMPLE COMO FENÓMENO EMERGENTE**

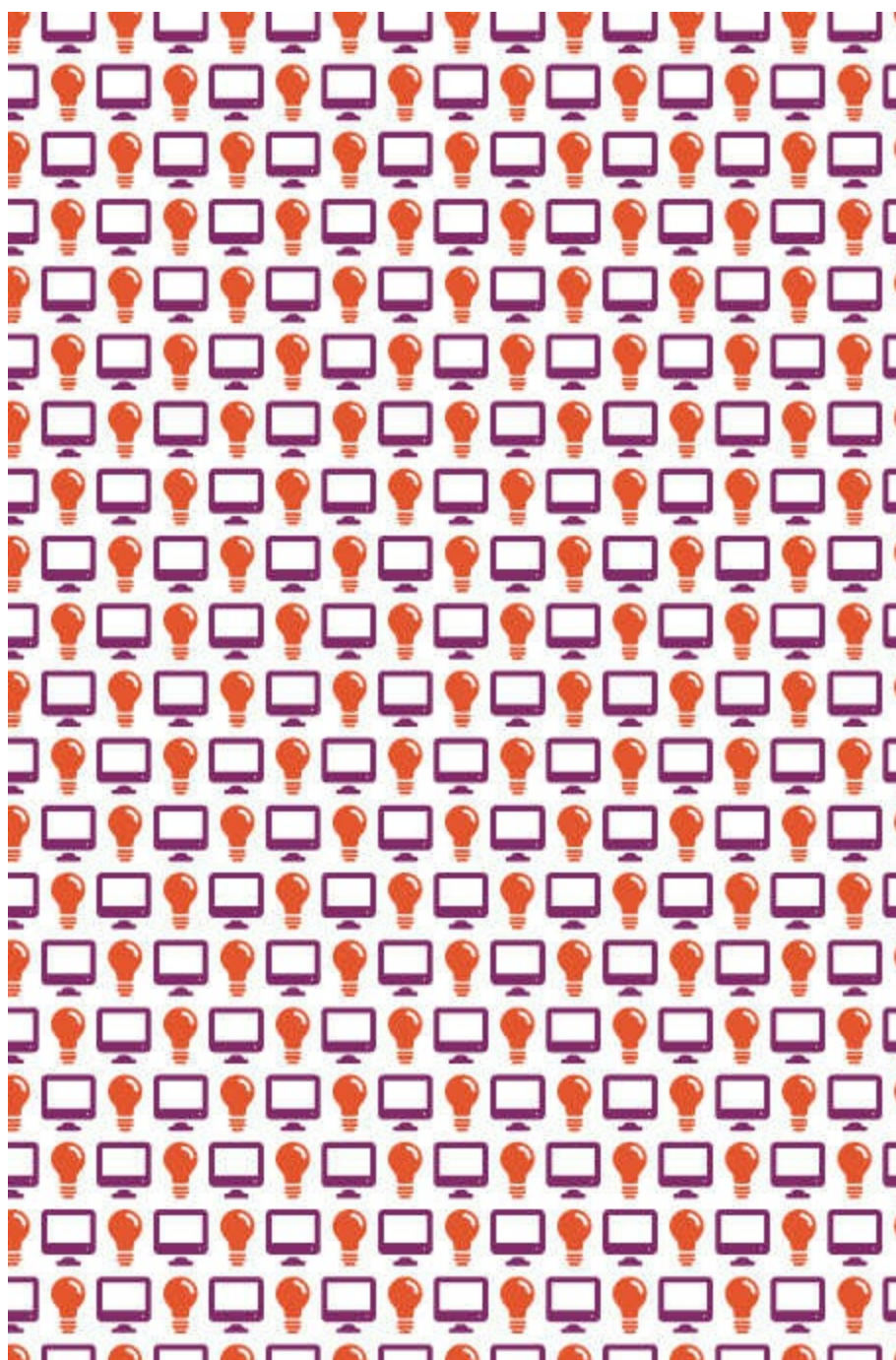
La cantidad de áreas resueltas cotidianamente por computadoras demuestra que la idea generalizada del fracaso de la IA es equivocada. Por un lado, porque la inteligencia simple no es otra cosa que esa capacidad de resolver. Pero, más profundamente, porque en muchos casos de IA simple también existe un grado de fenómeno emergente: de un orden superior que aparece sin que esa “habilidad” se desprendiera de manera obvia de sus premisas.

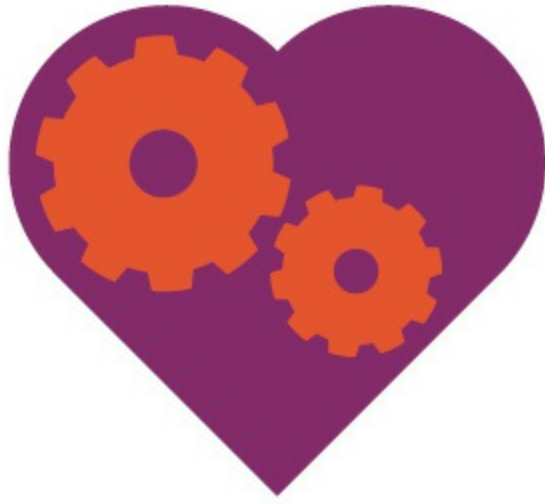
Repensemos ahora el ejemplo del ajedrez. Cuando se enfrentó con Kasparov, DeepBlue jugó mejor que todos los seres humanos involucrados en su programación. Ninguno de ellos individualmente ni todos en conjunto eran capaces de vencer al campeón. Su creación sí.

El secreto es que el programa que guía a Deep Blue no le dice cómo responder a cada jugada, sino que brinda un criterio para evaluar opciones y tomar decisiones. Muchos parámetros que alimentan esas evaluaciones surgen del aprendizaje de la propia máquina, de manera que finalmente adquiere un “saber” que le es único y propio. Llamativo, ¿verdad? Y esto sucede a pesar de que nadie diría que Deep Blue piensa.

Teniendo en cuenta que la inteligencia constituye un fenómeno emergente, este ejemplo demuestra que podemos crear computadoras capaces de realizar tareas cognitivas mejor que nosotros, incluso algunas que los humanos no podemos resolver.

Esta conclusión debería bastar para devolver a la IA simple el respeto del público en general. ¡Imagino que a partir de hoy mirarán a su aspiradora robótica, su programa de ajedrez o su GPS con un poco más de respeto!





## CAPÍTULO 6

---

MÁQUINAS QUE  
**PIENSEN...**  
¿MÁQUINAS QUE  
**SIENTAN?**

---

## COMPUTADORAS INTELIGENTES... EN SERIO

Es momento de enfocarnos en la meta más ambiciosa: construir una máquina que de verdad piense, en el sentido en que lo hacemos los humanos. Para diferenciarla de la IA simple, a esta rama se la conoce como inteligencia artificial general (IAG).

La característica más distintiva de nuestra inteligencia es que es capaz de dar respuestas eficaces a problemas nuevos, que nunca enfrentamos antes. En palabras del psicólogo evolutivo Jean Piaget: “Inteligencia es saber qué hacer cuando no sabes qué hacer”. Dotar de IAG a una computadora implica que pueda enfrentarse a un contexto novedoso —que va desde un problema matemático que nunca debió resolver hasta la toma de una decisión con la que nunca antes se enfrentó— y sea capaz de definir un camino para resolverlo. Hoy las cosas no son así: la supercomputadora que pudo vencer a Kasparov al ajedrez fue programada para eso y no puede hacer ninguna otra cosa: ni siquiera jugar un juego sencillo como el tatetí.

Aquí aparece una paradoja interesante: en el camino a convertir a las computadoras en entes inteligentes, lo difícil se vuelve fácil y viceversa. El ejemplo anterior es clarísimo: no fue tan complejo programarla para que venciera al campeón mundial de ajedrez. Sin embargo, es muy complicado lograr algo tan sencillo (para nosotros) como agarrar un vaso con agua o entender un chiste o una ironía, aspectos de la realidad que no obedecen a reglas claras ni preestablecidas.

La IAG aún está en el terreno de la ciencia ficción y eso nos obliga a preguntarnos si en verdad es posible que una computadora pueda llegar a ser inteligente como los seres humanos. Para dar una respuesta, debemos antes responder una pregunta filosófica: ¿Es necesario algún hecho mágico para que nuestro cerebro dé lugar a seres inteligentes y conscientes? ¿O son la conciencia y la inteligencia insospechadas propiedades emergentes de la materia, de acuerdo con las leyes de la física y la química, como hemos planteado al comienzo del capítulo 4? Quienes creemos que no fuimos tocados por ninguna varita mágica, consideramos que, por lo tanto, es posible reproducir el mismo fenómeno emergente que da origen a la inteligencia y a la conciencia en un sustrato diferente del de una mente humana. La magia no se puede reconstruir. Pero si sólo se trata de un conjunto de átomos acomodados de una determinada manera, sí debería ser posible. Reemplazando células por procesadores o algún otro método, claro.

El camino a construir una computadora inteligente requiere de investigación y desarrollo en dos ámbitos: el hardware y el software. ¿Cómo tiene que ser la máquina? Convengamos que nuestro cerebro es asombroso y que igualarlo requiere todavía de grandes saltos tecnológicos. Pero hay gente que está trabajando en el tema y que estima que podría lograrse una computadora con una potencia equivalente al cerebro humano de aquí a una o dos décadas.

Quienes así lo afirman son los responsables del Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics (Sy-NAPSE), una organización perteneciente a la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés) del ejército estadounidense. “Las máquinas programables de la actualidad están limitadas por su capacidad computacional, pero también por su arquitectura, que requiere de algoritmos producidos por humanos para describir y procesar información de su entorno”, explican. “Por el contrario, los sistemas neurales biológicos, como el cerebro, son capaces de procesar la información en entornos complejos de manera autónoma, porque pueden aprender automáticamente las características y las asociaciones relevantes y probabilísticamente estables”, agregan. La visión de este programa es, por lo tanto, desarrollar una máquina electrónica inspirada en los cerebros biológicos que sea capaz de emularlos. Por lo pronto, están desarrollando chips en busca de que su interacción genere los mismos resultados que los de las neuronas. De a poco, esperan acercarse a la meta.

## LA CARRERA POR ENTENDER EL CEREBRO

El otro aspecto a desarrollar para hacer inteligente a una computadora es el software. En este sentido, hay dos caminos posibles:

1. Entender muy bien el cerebro y tratar de replicarlo.
2. Entender de manera más general cuáles son los procesos que producen la inteligencia.

El primero de los métodos ya cuenta con algunas experiencias concretas. David Dalrymple es, sencillamente, un genio. A los dos años aprendió a leer y a escribir solo, a los cinco había completado lo que él considera su educación primaria, a los ocho la secundaria y a esa tempranísima edad fue admitido en la universidad, obteniendo títulos de grado en Computación Científica y Matemática a los trece años. A los catorce se convirtió en la persona más joven de la historia en ser aceptado para un programa de posgrado en el MIT, y obtuvo su máster a los dieciséis con promedio perfecto. Antes de cumplir dieciocho fue admitido en Singularity University, donde fuimos compañeros de clase. Si lo están imaginando como un ser extraño y antisocial, no es así: es una persona encantadora a la que tuve la oportunidad de entrevistar (se puede ver el reportaje en video en mi blog o canal de Youtube). Actualmente, como parte final de su doctorado en Harvard, David está trabajando en la creación de un gusano virtual, aprovechando el hecho de que la especie *C. elegans* tiene un sistema nervioso con sólo 302 neuronas. El proyecto, llamado NemaLoad, tiene ya el mapa de todas las conexiones entre ellas e intenta ahora construir un modelo digital capaz de

reproducir toda la conducta de este sencillo ser. Obviamente es una criatura de inteligencia limitada, pero su replicación será el primer paso hacia intentar hacerlo con criaturas más sofisticadas.

También existen iniciativas para reproducir funciones puntuales del cerebro. Google, por ejemplo, realizó una experiencia para lograr el reconocimiento sencillo de imágenes. Si a un ser humano le muestran una foto de un auto, de inmediato se da cuenta de lo que es. Con las computadoras, esto no es tan fácil. Así que los investigadores conectaron 16.000 computadoras y les mostraron millones de videos de Youtube. Con una serie de algoritmos, lograron que la red pudiera identificar por sus propios medios el concepto de “gato”. Es decir, luego de “ver” los miles de felinos que aparecieron en videos previos, pudieron determinar si una nueva imagen era o no un gato.

“Cerebros en silicio”, un proyecto de la Universidad de Stanford, generó un simulador cerebral que combina la computación analógica y digital para emular gran parte de los procesos fisiológicos que ocurren en el cerebro. Actualmente, a través de su plataforma Neurogrid, el sistema simula un millón de neuronas conectadas entre sí por mil millones de sinapsis. La meta de este modelado es aprender más sobre el cerebro y eventualmente replicarlo en una computadora.

Otro proyecto es el Blue Brain Project, cuyo objetivo es estudiar la estructura del cerebro de mamíferos a partir de una simulación completa a nivel molecular. Esta ingeniería reversa, aseguran sus creadores, permitirá avanzar en el entendimiento del funcionamiento del cerebro así como estudiar sus disfunciones. La iniciativa, nacida en 2005, está a cargo del neurólogo sudafricano Henry Markram, es financiada por el gobierno suizo y la Comisión Europea y cuenta con el apoyo de IBM.

Surgido a partir del esfuerzo anterior y liderado también por Markram en Suiza, el Human Brain Project (HBP) aglutina a universidades e investigadores de toda Europa y tiene como objetivo aplicar los aprendizajes del Blue Brain Project para comprender el cerebro humano y sus enfermedades, y emular sus capacidades computacionales. Sin embargo, contrariamente a este enunciado, sus integrantes se quejan de que ¿estamos entendiendo el cerebro humano demasiado rápido! Cada año se elaboran unos 60.000 *papers* sobre el tema y los investigadores no dan abasto para incorporar todo ese contenido a su proyecto. Con un costo total de 1.200 millones de euros, los proyectos de Markram representan la apuesta más seria de simular un cerebro humano en una computadora. El neurólogo estima que lo logrará en 2023.

## **EXPLORANDO LOS MECANISMOS DE LA INTELIGENCIA**

El segundo camino, obtener inteligencia entendiendo la inteligencia misma, sin intentar replicar un cerebro, es el menos transitado hasta el momento.

Basarse en los principios y no en la imitaciones más difícil, pero los resultados posiblemente sean más potentes. El caso de los aviones es elocuente: entendimos los mecanismos por los cuales las aves pueden volar, nos inspiramos y creamos una máquina que también vuela, pero sin imitarlas específicamente. Independizarnos del modo en que lo hacen las aves nos permitió que nuestras máquinas voladoras alcancen mayor velocidad, transporten más carga, tengan una autonomía mucho más amplia. Éste es el camino que más probablemente permita algún día que una máquina exceda la inteligencia humana.

Dada la naturaleza emergente de la inteligencia a partir de componentes simples y la inherente imprevisibilidad de las propiedades que surgen, parte del camino es heurístico: probar sistemas y ver qué resultados generan. Por esta razón, una posibilidad intermedia sería, en los experimentos para producir inteligencia, toparnos con algo que funciona sin terminar de entender por qué lo hace. No sería la primera vez. Por caso, durante miles y miles de años, el hombre usó el fuego: sabía prenderlo y apagarlo y conocía sus beneficios, desde cocinar alimentos hasta calentarse en los días más fríos. También entendía sus peligros y podía evitar que le hiciera daño. Sin embargo, desconocía por completo su naturaleza: qué era el fuego, por qué se comportaba de esa manera y producía esos efectos. Con la inteligencia tal vez pase algo parecido y llegue el día en que podamos prenderla, apagarla, manipularla y usarla, aun sin terminar de comprender su naturaleza.

Pese a lo trascendente de este campo, no son muchos los científicos que se animan al enorme desafío de construir inteligencia desde cero. Eliezer Yudkowsky, investigador del Machine Intelligence Research Institute, trabaja en el diseño de computadoras capaces de autoentenderse, modificarse y mejorarse de manera recursiva. La programación humana no apunta en este caso a dotar de inteligencia a la computadora, sino a darle las herramientas para que “ella” haga su propia búsqueda.

Ben Goertzel, por su parte, un brillante investigador nacido en Brasil, es fundador de la empresa Novamente y del proyecto colaborativo conocido como OpenCog. El propósito de ambas iniciativas es generar una IAG de nivel humano o superior a partir de la combinación de algoritmos cognitivos desarrollados independientemente pero con una plataforma común que permita integrarlos.

## **EL TEST DE TURING**

Alan Turing fue una de las mentes más brillantes del siglo XX. Nacido en Londres en 1912, mostró ya de niño una habilidad descomunal para la matemática y la lógica. Se graduó con máximos honores como matemático a los 21 años y obtuvo luego un doctorado de la Universidad de Princeton. Pionero de la computación científica, Turing revolucionó tres grandes áreas de la ciencia:

- En 1936, escribió un artículo sobre las secuencias computables, que puede considerarse como fundacional de la computación. En “Los números computables” aportó una prueba simple de que era posible construir una computadora de propósito general, capaz de procesar todo tipo de algoritmos, sentando así las bases de la informática moderna.
- En 1950, en “Máquinas de computación e inteligencia”, sentó las bases de la inteligencia artificial, disciplina de la cual se lo considera el padre.
- En 1952, especuló en otro artículo con que el proceso de transferencia genética de padres a hijos funcionaba de manera similar a la información digital. Esto ocurrió un año antes de que se descubriera el ADN.

La muerte prematura de un extraordinario pensador como Turing fue una de las grandes tragedias intelectuales del siglo pasado y es quizás una de las mayores pérdidas de la historia de la humanidad como producto de la discriminación. Acusado legalmente de “indecencia grave y perversión sexual” por el mero hecho de ser homosexual, Turing decidió que no debía disculparse por ser quien era y desistió de defenderse. Fue sometido a una “castración química” que le produjo importantes efectos nocivos a su salud y acabó suicidándose mordiendo una manzana envenenada cuando tenía apenas 41 años. Tristemente, casi sesenta años después de su muerte en diciembre de 2013, la Reina británica... ¡lo “perdonó”! Un rumor dice que el logo de Apple, con la manzana mordida, lo homenajea.

En el *paper* de 1950 hizo una de sus principales contribuciones: propuso el método que todavía muchos consideran que permitirá determinar cuándo una computadora deba ser considerada inteligente. Conocido como el “Test de Turing”, su mecanismo es sencillo: un humano “chatea” con otros dos interlocutores a la vez, uno de ellos una computadora. Si no puede determinar cuál de los dos es humano, entonces la computadora superó el test y debe ser considerada inteligente.

Desde nuestra óptica, más de sesenta años después, el test presenta algunas deficiencias. Por un lado, somete a prueba sólo un aspecto del intelecto: la comprensión y la producción de lenguaje. Por otro, no serviría para una IAG, surgida por el segundo método, dado que ésta podría superar la inteligencia humana sin parecerse en nada a ella. Igual que un humano es más inteligente que un chimpancé pero difícilmente podría hacerse pasar por uno, determinar el momento en que hayamos logrado dotar de inteligencia general a una computadora será más difícil de lo que pensó Turing.

El principio general detrás de la idea de Turing, de todos modos, sigue en mi opinión siendo cierto: cuando algo actúa inteligentemente, ES inteligente, sin que importe cómo lo haga y de que esté hecho, si de carbono como nosotros, de silicio como los microchips actuales o de otro material.

## ¿LA SINGULARIDAD ESTÁ CERCA?

Ray Kurzweil es un reconocido inventor y futurólogo. Nacido en Estados Unidos, publicó en 2005 un libro controvertido y esclarecedor llamado *La singularidad está cerca*. Ray pronostica que, dados los avances alcanzados en el entendimiento del cerebro, es esperable que en un período de entre 10 y 20 años seamos capaces de decodificar el “software” que lo hace funcionar. De esa manera, cualquier máquina que tuviera el poder computacional de un cerebro podría pensar exactamente de la misma manera en que lo hacemos nosotros: sería capaz de tener sensibilidad, se ofendería, podría emocionarse o escribir poesía. El mismo científico había reflexionado ya respecto de estos argumentos en otro de sus trabajos, *La era de las máquinas espirituales: cuando los ordenadores superen a la mente humana*. Apoyándose en la Ley de Moore, Kurzweil predice que en el transcurso de la próxima década podrá construirse una computadora con el poder equivalente a un cerebro humano, y que alcanzaremos la IAG antes de que termine el año 2029.

Desde el momento en que las computadoras alcancen una inteligencia de nivel humano, pasarán apenas 24 meses para que una computadora duplique la capacidad del hombre y 48 meses para que la cuadriplique. Sólo unos años más tarde, las computadoras tendrán una inteligencia órdenes de magnitud superior a la nuestra. Cuando eso suceda, todo el proceso de avance científico, incluyendo el diseño de estas mismas computadoras híper inteligentes, será hecho por las computadoras mismas, de maneras que los hombres no podríamos ni siquiera concebir, porque serán mucho más capaces que nosotros para crear la siguiente generación. El límite para el avance de la ciencia ha sido, hasta hoy, el ingenio humano. Pero eso cambiará en ese momento.

Kurzweil sostiene que a partir de ese punto en la historia, el avance en la inteligencia de las computadoras se acelerará tanto que en poco tiempo serán cientos o miles de veces más inteligentes que nosotros. Para ilustrar el impacto de ese futuro, podemos pensar en la escena anteriormente mencionada del chimpancé que presencia una conversación entre humanos. Decíamos que aun siendo uno de los animales con mayor nivel de inteligencia, no tiene la menor posibilidad de entender qué diablos está pasando ni de tener participación alguna en la charla. Cuando las computadoras sean tanto más inteligentes que nosotros, es muy posible que nos suceda lo mismo a nosotros.

Como resultado del crecimiento exponencial de la IAG, Kurzweil predice que alrededor de 2045 se producirá lo que él llama “la singularidad”: un punto de inflexión. Con nuestra mirada actual, es imposible entender cómo evolucionarán las cosas luego de eso. Kurzweil, optimista a ultranza, desecha los presagios apocalípticos de que las máquinas dominarán el mundo, y postula que, a partir de la incorporación de más y más tecnología en nuestros cuerpos, acabaremos “fusionándonos” con ellas, de modo que la frontera entre humano y máquina ya no será clara.

De cierta manera, éste podría ser el camino hacia una vida infinita. No se trata, en este caso, de extender indefinidamente nuestra existencia biológica, sino de prescindir parcial o totalmente de ella. Nuestro aspecto esencial, la experiencia subjetiva de nuestra propia conciencia en la mente, es intangible y por ende susceptible de ser “extraída” de nuestro cerebro y nuestro cuerpo y puesto a correr (como software) en cualquier otro soporte. Por supuesto, primero querremos asegurarnos de que, cuando hagamos el download hacia nuestra versión informática, los datos que nos hacen ser nosotros mismos estén bien firmes y de que no nos convirtiremos simplemente en una copia de lo que fuimos. ¿Cómo tener la tranquilidad de que ese ser que comparte de manera exacta nuestra subjetividad somos realmente nosotros? De lograrlo, Kurzweil sostiene que los lleguen con vida a 2045 ya no morirán. En breve, volveremos al tema de la inmortalidad.

Ray es uno de los fundadores de Singularity University. No obstante, la universidad como institución no adhiere de manera orgánica ni acrítica a sus ideas, a mi modo de ver algo extremas. Algunos profesores, como Ramez Naam, son muy críticos. El pensamiento de Kurzweil es sumamente provocador y sugestivo, pero tomado de manera literal se asemeja más a un credo que a un argumento científico. Desde mi óptica, sus predicciones y tiempos no deberían ser tomados al pie de la letra sino más bien como una guía para pensar un futuro muy diferente. Pese a las diferencias que tengo con sus ideas en varios aspectos, el pensamiento de Ray tuvo una gran influencia en este libro.

## **COMPUTADORAS CON EMOCIONES, CONCIENCIA Y DERECHOS**

La inteligencia y la emoción son inseparables. No vamos a poder producir una sin la otra. Uno de los mayores errores al imaginar una computadora inteligente, es pensarla como una mega calculadora. La realidad es que ese tipo de “ente” debería enojarse si uno lo critica o ponerse triste ante una escena desoladora. Es decir, compartiría esas características que nos hacen humanos.

Crear ese tipo de inteligencia, no obstante, produce algunos temores. Por lo pronto, puede ocurrir que el resultado no sea exactamente igual a la inteligencia humana, de una manera que no podríamos saber cuáles son las diferencias. Entre las personas, el genio limita de cierta forma con la locura: los grandes cerebros de la historia suelen tener una personalidad excéntrica. ¿Qué pasaría con una computadora más inteligente que los humanos? ¿Sería más “rayada”?

En relación con el aspecto emocional, incluso es posible que las computadoras inteligentes sean más sensibles que los seres humanos y accedan a sentir emociones que, con nuestro nivel menor de inteligencia, nosotros desconocemos. ¿En qué se basa esta predicción? Pensemos en un perro. ¿Tiene emociones? Claro: cuando se asusta, se nota que tiene miedo y cuando su dueño llega a su casa, se lo ve genuinamente contento. Viendo sus reacciones resulta fácil también observar que su temor y su

alegría se parecen mucho a los nuestros. Pero como somos más inteligentes, compartimos emociones con los perros pero tenemos algunas que ellos no, como la vergüenza o el remordimiento. Ningún can siente vergüenza por dejar un “regalito” en nuestra vereda. Si hacemos computadoras más inteligentes que nosotros, por lo tanto, puede que experimenten emociones a las que nuestra inteligencia más acotada no nos da acceso.

Otra visión errónea: pensar en estas computadoras inteligentes como las actuales, presas en una caja apoyada sobre un escritorio, enchufadas a una pared. La inteligencia también requiere de interacción con el mundo, de movimiento. Las IAG seguramente tengan cuerpos, en la forma de un robot. Eso es algo que marca la naturaleza: las cosas que se mueven tienen cerebro. El mejillón, por ejemplo, que vive pegado quieto a la roca, no tiene cerebro, pero sí sistema nervioso básico. Otro caso destacado es el de la urocordada: un animal que nace como larva y, en ese momento, tiene cerebro. Luego, en algún punto de su madurez, se fija a una roca y queda pegada allí por el resto de su vida. Cuando ya no va a moverse, cuando ya no lo necesita, lo primero que hace es digerir su cerebro.

¿Qué ocurre con la conciencia? ¿Tendrán conciencia las IAG? Igual que postulamos antes respecto de la inteligencia, si actúan de manera que parezca consciente, habrá que concluir que lo son, aun cuando no podamos saber exactamente qué pasa dentro de su “mente”. En definitiva, es lo mismo que hacemos con otras criaturas biológicas: no tenemos manera de saber a ciencia cierta si un perro es consciente. Actúa consciente y, por lo tanto, le atribuimos conciencia.

Incluso hay casos en los que un comportamiento en apariencia consciente nos genera confusión. En mis presentaciones frecuentemente muestro el video de un robot llamado Big Dog. Se trata de un robot cuadrúpedo, totalmente mecánico, con sus cables a la vista. Se nota que sus constructores no dedicaron esfuerzo alguno a que se pareciera a una criatura biológica. En un momento del video aparece una persona por el costado de la imagen y le da una fuerte patada. Big Dog se desestabiliza y tambalea, pero logra recuperar el equilibrio. En el proceso de evitar caer, sus movimientos resultan extremadamente parecidos a los de un ser vivo. La reacción de la mayoría de la audiencia es siempre la misma: su andar nos resulta tan consciente, que sentimos el impulso de reaccionar ante el “agresor” y exigirle que se abstenga de lastimarlo. A pesar de su aspecto tan poco biológico, lo animamos y empatizamos con él.

En Youtube puede verse un video de un pez robótico diseñado por investigadores de la Universidad de Essex que produce un efecto similar. Sus movimientos son tan “naturales” que cuesta creer que no provengan de un organismo vivo.

El extraordinario filme de Spike Jonze *Her* lleva este fenómeno varios pasos más allá, presentando un futuro en el que “sistemas operativos” actúan de manera tan humana que acabamos

enamorándonos de ellos. A juzgar por nuestra tendencia a humanizar lo que actúa como humano, la premisa de la película no me parece aventurada. Encarnados o no en el cuerpo de robots, seguramente seamos capaces de sentir amor por estos seres no biológicos cuando sean suficientemente avanzados como para resultarnos conscientes. Si no vieron la película les recomiendo que lo hagan. No quiero anticipar mucho sobre el contenido, pero basta decir que allí quedan claros los problemas que podrán surgir de la naturaleza inherentemente asimétrica de esa relación.

Un último punto: cuando las computadoras sean inteligentes, tengan emociones y manifiesten conciencia... ¿Qué pasará con sus derechos? ¿Podremos desenchufarlas o borrarles algún elemento de su memoria a discreción, como hacemos en la actualidad? ¿Habrá programas humanitarios para favorecer computadoras que no tienen acceso a la electricidad, o a la fuente de energía que consuman en ese momento? ¿Quién definirá sus derechos: ellas o nosotros? ¿O surgirán de una especie de pugna o negociación?

En su relato *El círculo vicioso* (1942), el escritor y divulgador científico Isaac Asimov definió las “Tres leyes de la robótica”. Dicen así:

1. Un robot no puede hacer daño a un ser humano o permitir que un ser humano sufra daño por inacción.
2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por un ser humano, excepto que entren en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, en la medida en que esa protección entre en conflicto con la primera o la segunda ley.

Más allá de destacar la visión de Asimov, que advirtió el problema hace más de siete décadas, desde el conocimiento que tenemos hoy sus normas parecen bastante ingenuas. Porque funcionan para computadoras inteligentes, pero dóciles y dispuestas a obedecernos. Es fácil hacer cumplir una norma a un chico de cinco años. Mucho menos a uno de quince. En este caso ocurre lo mismo. Es muy probable que en algún punto de su evolución, dejen de hacernos caso y de guiarse por nuestras reglas.

Entonces vuelve el pensamiento apocalíptico. ¿Nos harían daño? Las máquinas que ganaron libre albedrío en la ciencia ficción no fueron muy benevolentes con los seres humanos. Más bien, intentaron destruirnos. Podemos mencionar dos ejemplos muy conocidos: HAL-9000, de *2001, odisea en el espacio* (dicho sea de paso y sobre las predicciones erróneas de las que hablábamos al principio del libro, ya pasaron casi quince años del escenario supuesto para esa historia) y Skynet, de *Terminator*.

Hagamos un ejercicio para llevar este tema a un plano más real: ¿Qué hacemos los seres humanos con las especies menos inteligentes que nosotros? Los pandas, que nos parecen lindos, merecen nuestra atención y hacemos grandes esfuerzos por salvarlos. Otras, menos simpáticas, no tienen tanta suerte. Cuando nos pasa una cucaracha por al lado, ¿qué hacemos? Algunos la pisarán, muertos de asco. Otros la dejarán ir, sumidos en la indiferencia. En cualquiera de los dos casos, no habrá ni una pizca de remordimiento. Y a las especies que abiertamente nos molestan, como los mosquitos, las matamos con saña, aunque no iríamos tan lejos para planear y ejecutar su exterminio. ¿Y si algún día nos toca estar del otro lado: ser la criatura menos inteligente? Tal vez, si no las molestamos, las computadoras nos dejen vivir sin que les importe demasiado nuestra presencia. Pero quizá nos pisoteen si llamamos mucho la atención o les desagradamos. En un futuro así, la Asociación de Defensa de los Hombres será más importante, al menos para nosotros, sus beneficiarios, que la Asociación de Defensa de los Animales.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP6](http://libro.bilinkis.com/cap6)



## CAPÍTULO 7

LA  
**EXTENSIÓN**  
— DE LA —  
**VIDA**

# LA TECNOLOGÍA MÁS LENTA DE TODAS

Comenzamos este libro diciendo que todas las tecnologías anteriores a la informática evolucionaron de manera lineal y lenta. Lo ejemplificamos con las tasas de mejora de los aviones y de los autos, en promedio apenas de 1 o 2 por ciento anual. Sin embargo, comparadas con la tecnología más lenta de todas, estas tasas de cambio resultan vertiginosas.

Lo que más lento progresa... ¡somos nosotros mismos! La expectativa de vida humana apenas si se ha duplicado en los últimos dos mil años. Este crecimiento es más producto de una reducción en la mortalidad temprana que de una genuina extensión de la vida, con la que contribuyeron más las mejoras sanitarias (acceso a cloacas y agua potable) que los progresos en el tratamiento de las enfermedades. Recordemos que Platón ya hace 2.400 años llegó a los 80 años de vida, más de los que alcanza en promedio una persona hoy en día.

En una oportunidad, como preparación para la columna de radio que hacemos con Gerry Garbulsky en *Basta de Todo*, preguntamos a los oyentes cuántos años pensaban que iban a vivir. Más del 80 por ciento contestó que esperaba alcanzar como máximo la edad de Platón hace más de dos milenios. Un dato que nos sorprendió es que la cantidad de años que esperan vivir los menores de 25 es la misma que la que estiman los mayores de 50. Este resultado es similar al obtenido en 2013 por el Pew Research Center, una firma de opinión pública que encuestó a 2.000 estadounidenses. Es decir, vivimos bajo el supuesto de que la extensión de la vida humana no cambia en el transcurso de algunas generaciones. Creemos que viviremos un tiempo similar al que han vivido nuestros abuelos, bisabuelos y Platón.

Esa creencia resulta consistente con lo que ha sucedido hasta ahora, pero el avance exponencial de la tecnología también traerá cambios en este terreno.

## EL CAMINO A LA INMORTALIDAD

Decíamos que uno de los aspectos que tenemos en común todos aquellos que en algún momento habitamos el planeta Tierra hasta el presente es que, después de vivir como máximo unos 100 años... nos vamos a morir. ¿Podemos estar hoy tan seguros de ello? Respuesta: ya no tanto. En la actualidad, hay científicos que trabajan para extender la vida humana, pero no un puñado de años más. ¡La meta es mucho más ambiciosa!

Aubrey de Grey es un gerontólogo británico tan famoso como excéntrico y lidera uno de los principales centros de investigación dedicados al tema. Su visión es profundamente optimista y esperanzadora: de Grey sostiene que la primera persona que logrará vivir 1.000 años... ya nació. Y

que tiene alrededor de 45.

El salto entre el número 45 y el 1.000 nos hace pensar que se trata de una situación imposible. Pero, en realidad, la ciencia no necesita tener ya mismo todas las respuestas para que un ser humano llegue al milenio de vida, sino que puede hacerlo de manera progresiva. Veamos un ejemplo: una persona que hoy tiene 40 años puede estimar que le queda otro tanto de vida. Pero si en el transcurso de esas cuatro décadas, la expectativa se extiende hasta los 120 años, cuando llegue a los 80 le quedarán por delante los mismos 40 años que le quedan hoy. Considerando que los avances tecnológicos y científicos son cada vez más rápidos, cuando esa persona esté rondando los 120 años, es posible que la ciencia ya haya logrado extender la vida a los 170, es decir, tendrá por delante otro medio siglo, superando incluso los 40 que cree tener por delante actualmente. Si nos acercamos a la muerte a un ritmo de un año cada año, el desafío, entonces, es hacer crecer la expectativa de vida humana más de eso cada año. Alcanzado ese nivel, que de Grey llama usando una figura propia de la carrera aeroespacial “la trayectoria de escape”, la muerte se aleja de nosotros más rápido de lo que nos acercamos a ella y es posible extender la vida indefinidamente.

De Grey predice: “No sé cuántos años tendrá hoy la primera persona en vivir hasta los 150, porque no sabemos cuánto tiempo nos tome desarrollar la primera generación de terapias. Pero independientemente de esa edad, sí puedo decir que la primera persona en vivir hasta los 1.000 es sólo diez años menor que quien llegue a los 150”. Es discutible si quienes hoy tenemos entre 40 y 50 años llegaremos a verlo como afirma de Grey, pero probablemente nuestros hijos sí lo logren. Si ése es el caso, tendremos la extraña característica de ser la última generación que murió de vieja.

## **CAMBIANDO LA LÓGICA PARA VIVIR MÁS**

En 1900 las tres principales causas de muerte eran la neumonía, la tuberculosis y la diarrea. En el mundo desarrollado las tasas de mortalidad de estas enfermedades cayeron ya drásticamente. Ninguna permanece entre las tres más importantes; sus lugares los ocupan las enfermedades cardíacas, el cáncer y el ACV.

Hasta aquí el modo en que buscamos extender la vida siguió la misma lógica de los videojuegos: nos esforzamos para derrotar a los villanos que aparecen primero, sólo para encontrar que, una vez vencidos éstos, encontramos villanos más poderosos, ocultos detrás de los iniciales y así sucesivamente. Hasta ahora hemos derrotado algunas enfermedades que nos mataban a edad temprana, lo que nos puso frente a otras que probaron ser más “poderosas”. De Grey busca cambiar esa lógica: intenta atacar y vencer al verdadero enemigo, al que permaneció oculto todos estos años detrás de esas causas de fallecimiento que nos eliminaban antes de que llegemos a él: el

envejecimiento.

El envejecimiento no es una enfermedad. Es el deterioro que sufre nuestro organismo por el mero hecho de vivir. Incluso una persona que tenga la suerte de no padecer ninguna enfermedad fatal, difícilmente supere los 100 años. Si no nos mata el cáncer, una enfermedad cardíaca o un ACV, de todos modos morimos de viejos, no ya a causa de una gran enfermedad sino de una falla sistémica (generalmente del corazón o los pulmones) como resultado de la suma de pequeños desperfectos acumulados con el paso de los años. La razón es que nuestro cuerpo está preparado para vivir un tiempo limitado. La acumulación de los desechos de nuestro propio metabolismo normal y la capacidad limitada de las células para dividirse y renovar nuestros tejidos se ocupan de que dejemos el lugar a las nuevas generaciones. De Grey, y muchos otros científicos como él, buscan reparar el daño molecular y celular, de modo de mantener jóvenes todos nuestros tejidos, porque si éstos son jóvenes, todo nuestro organismo también lo es.

Supongamos que vemos a una persona este mes y que volvemos a verla al mes siguiente. ¿Somos capaces de notar alguna diferencia física? Seguramente no. Sin embargo, entre un encuentro y el otro no queda una sola célula de piel en común en su cara. Nadie nota los cambios porque nuestro cuerpo es extremadamente bueno, casi perfecto, reparándose a sí mismo. Pero si volvemos a ver a esa persona en cien o doscientos meses, la diferencia sí será notable: imposible no ver la pérdida de tono muscular, las arrugas, el cabello encanecido... La acumulación de pequeños deterioros debido a que la reparación es “casi” perfecta se hace evidente cuando el ciclo de reemplazo celular se repite muchas veces.

El objetivo de de Grey y otros científicos es perfeccionar el mecanismo de auto reparación, de forma que la piel de hoy sea igual a la del mes próximo, pero también a la de dentro de 100 o 2.000 meses. Si eso se logra, no sólo con la piel sino con todas las partes de nuestro organismo, la cantidad de tiempo que hayamos vivido será irrelevante con respecto al estado de nuestro cuerpo. ¿En qué terminarán estas investigaciones? ¿Alcanzarán los resultados esperados? Todo parece indicar que sí, ya que la secuenciación del genoma humano y su proteoma abren la puerta a comprender el funcionamiento del cuerpo de maneras antes impensadas.

La tarea es muy difícil, pero de Grey la reduce a encontrar la solución a siete problemas que, de una forma u otra, están detrás del envejecimiento: mutaciones en cromosomas o mitocondrias, acumulación de desperdicios dentro y fuera de las células, exceso o falta de ciertas células y exceso de vínculos proteicos entre células.

Uno imaginaría que en los ámbitos científicos un personaje como de Grey debe ser muy reconocido, un héroe en el mundo de la investigación. En realidad... no. De hecho, su trabajo se observa con cierto escepticismo. Tanto es así que el propio de Grey, junto al *MIT Technology*

*Review* creó un premio de 20.000 dólares para quien logre probar que sus teorías están equivocadas. Por ahora el pozo sigue vacante.

## **LOS RATONES SON ETERNOS**

Methuselah Foundation (también conocida como M Foundation) es una organización creada por Dave Gobel en 2003, que entrega premios en efectivo a logros científicos relacionados con la longevidad y el rejuvenecimiento. Uno de los desafíos que plantearon al mundo científico fue lograr extender al máximo posible la vida de un ratón. En condiciones naturales estos roedores viven un máximo de dos años y medio. Sin embargo, gracias al trabajo de Andrzej Bartke, nacido en Polonia y participante como investigador de la Universidad de Illinois del Sur, Estados Unidos, se logró que un ratón viviera 1.819 días, casi cinco años. Es decir, dos veces más que el máximo observado en la naturaleza.

La siguiente instancia de estas investigaciones apuntará a procurar resultados semejantes en monos, como paso previo a conseguir una extensión de la vida equivalente en humanos. Si consideramos que en la actualidad como máximo vivimos unos 100 años, el equivalente sería ya acercarse a 200.

Además de otorgar un premio por lograr mayor longevidad, la fundación también entrega otro por conseguir rejuvenecimiento. Este último apunta a extender la vida de ratones adultos que no hayan recibido hasta ese momento tratamientos especiales.

Curiosamente, la terapia más efectiva hallada hasta hoy consiste en restringir drásticamente la ingesta de alimentos pero evitando la malnutrición, mediante una técnica llamada “restricción calórica”. En un gesto de enorme maldad metabólica por parte de la naturaleza, aparentemente no sólo tenemos que padecer que “todo lo que es rico engorda”, sino que también resulta que comer más que el mínimo indispensable acorta la expectativa de vida.

Para mejorar las cosas en este sentido, en diciembre de 2013 el genetista molecular David Sinclair, del Harvard Medical School, anunció uno de los mayores logros a la fecha en rejuvenecimiento. Administrando a un grupo de ratones una sustancia naturalmente producida en el cuerpo humano llamada NAD+, lograron que después de sólo una semana de tratamiento ratones ancianos de dos años tuvieran la respuesta muscular de uno de seis meses. Esto sería equivalente a devolver a un humano de 60 años la capacidad que tenía a los 20.

## **CAMBIANDO REPUESTOS**

Aun si los esfuerzos por reparar el cuerpo resultaran incompletos y algunas partes se dañaran con el tiempo, igualmente podríamos actuar como lo hacemos con los autos: si alguna pieza falla, lo llevamos al taller y la reemplazamos por una nueva. El desafío no es menor: ser capaces de producir órganos de reemplazo.

Desde hace algunos años es posible producir tejidos vivos fuera del cuerpo a partir de células o células madre. Por ejemplo, una compañía llamada Organovo produce tejidos de hígado vivos a fin de testear el efecto de ciertas drogas sin necesidad de medicar a una persona. Asimismo, el implante de tejidos de órganos relativamente más simples como la piel, las arterias o la vejiga se realiza con cierta asiduidad en hospitales alrededor del mundo.

Hasta hace poco producir un órgano más complejo, como un riñón, parecía impensable. Sin embargo, a comienzos de 2011 Anthony Atala, director del Centro de Medicina Regenerativa de Wake Forest, compartió en la conferencia TED sus primeros resultados en esa dirección. Utilizando una tecnología similar a la impresión 3D (de la que hablaremos más adelante), Anthony obtuvo tejido renal humano. El científico japonés Takanori Takebe logró un resultado similar con el hígado.

Más recientemente, en 2013 un grupo de investigadores de la Universidad Huazhong de Ciencia y Tecnología, en China, logró utilizar esta tecnología para obtener un riñón completo de tamaño pequeño, capaz de cumplir con las funciones básicas de este órgano: eliminar toxinas, metabolizar y secretar fluidos. El primer trasplante en ratones de un riñón producido por impresión 3D fue realizado ese mismo año por un grupo de científicos del Hospital General de Massachusetts con resultados muy alentadores: si bien su “performance” aun fue inferior a la de un órgano proveniente de un donante, con algunos refinamientos esta tecnología seguramente alivie a los miles de personas que llenan las listas de espera para trasplantes. Como el riñón es el órgano con mayor demanda, la capacidad de generarlos de esta manera es una revolución imprescindible.

En paralelo, una ONG incubada en Singularity University Labs llamada Organ Preservation Alliance promueve una investigación que permita congelar órganos para su conservación, permitiendo separar en el tiempo la ablación del donante o la fabricación del órgano del momento de su implante en el receptor.

Finalmente, la fabricación de los “repuestos” para reparar órganos dañados puede quedar en manos de nuestro propio organismo: utilizando solamente la matriz extracelular, que es el mapa que le indica a las células como organizarse y funcionar dentro de un tejido, se puede modificar el mecanismo natural de reparación de nuestro cuerpo en respuesta a una lesión. En vez de generar una cicatriz sin función, como es el caso del corazón después de un infarto, es posible guiar a las células para que lo reparen funcionalmente. Este método ya ayudó a millones de pacientes en el mundo con diferentes enfermedades. En la Argentina, por ejemplo, el grupo de la Fundación Favaloro liderado

por el doctor Alejandro Nieponice logró reconstruir el esófago en pacientes que habían sufrido un daño que hubiese sido irreparable por métodos convencionales.

## FABRICANDO CÉLULAS MADRE

Eventualmente será posible partir de tejidos o células madre del propio receptor, de modo que el órgano así generado no sea cualquier riñón sino *su* riñón, eliminando cualquier riesgo de rechazo y la necesidad de pasar el resto de la vida dependiendo de inmunosupresores para evitar la reacción del organismo a la presencia de un tejido extraño.

Las células madre son células pluripotenciales. Es decir, células que pueden, en las condiciones correctas, diferenciarse en cualquier tipo de tejido. Hasta hace muy poco, las células madre eran consideradas una rareza y muchas familias congelaban los cordones umbilicales después del parto con la meta de conservar una pequeña cantidad de ellas, pese a que aún no se sabía a ciencia cierta si tendrían alguna utilidad.

Apenas unos años más tarde ya no quedan dudas, pero tampoco necesitamos exclusivamente de los cordones para obtenerlas. En un artículo publicado por la revista *Nature* en 2012, un grupo de investigadores del Laboratory Key de Biología Regenerativa sorprendió al mundo anunciando la posibilidad de obtener células madre a partir de algo tan abundante y poco valorado como ¡la orina!

Las células madre volvieron a ser noticia en 2014, cuando *Nature* publicó un informe que demostró cómo simplemente exponer a ciertas células de ratón a un medio ácido durante 30 minutos bastaba para convertirlas en pluripotenciales. Semanas después, un grupo de investigadores del Harvard Medical School anunció un resultado similar para seres humanos. Este tipo de células, bautizadas STAP (acrónimo inglés para “Pluripotencia adquirida por efecto de un estímulo”) prometen ser el mecanismo más sencillo de obtenerlas.

Más allá de su potencial para generar órganos completos de reemplazo, investigadores de la Universidad Johns Hopkins demostraron la capacidad de las células madre para regenerar y reparar el daño en órganos humanos existentes.

## ¡ÉRAMOS POCOS Y LLEGÓ... GOOGLE!

Hace poco tiempo, a los diferentes grupos de investigadores que vienen intentando extender la vida humana, se sumó un jugador inesperado: en septiembre de 2013 Google anunció la creación de Calico (California Life Company). La nueva empresa es liderada por Art Levinson, *Chairman* de Apple. De este modo, dos de las mayores y más exitosas empresas de tecnología del planeta

combinan hoy recursos para una tarea muy diferente de vender computadoras o software: enfrentar el envejecimiento. Tim Cook, CEO de Apple, se entusiasma: “La vida de muchos de nuestros amigos y familiares se ha interrumpido antes de tiempo o les faltó calidad de vida. Art es uno de esos locos que creen que no tiene por qué ser así. Nadie mejor preparado que él para liderar esta misión, no puedo esperar para ver los resultados”.

Mientras escribo este libro, los detalles sobre el modo en que Calico espera lograrlo son todavía un misterio. Pero han ido contratando sistemáticamente a muchos de los mayores expertos mundiales en el tema. La meta que se plantean es ambiciosa y alentadora: en un proceso de unas dos décadas se proponen añadir 120 años a la expectativa de vida de quienes hoy tienen 20.

¿Lo lograrán? La revista *Time* de septiembre de 2013 puso el siguiente título de tapa: “¿Puede Google resolver la muerte?”. Abajo, en letras más pequeñas, se lee: “El gigante de los buscadores lanzó una alianza para extender el lapso de la vida humana. Eso sería una locura... si no se tratara de Google”.

El gigante de los buscadores, sin embargo, no es el único coloso que anunció recientemente de manera misteriosa su vocación de solucionar este problema. A comienzos de 2014, Craig Venter, el mismo que secuenció el genoma humano completo y creó la primera forma de vida artificial, anunció la creación de Human Longevity Inc. Esta empresa se propone secuenciar 40.000 genomas humanos completos al año y combinar ese colosal volumen de información con datos sobre las características de esas personas, su flora microbial y su metabolismo. Su meta inicial es “modificar la manera en que se ejerce la medicina cambiando hacia un modelo más preventivo y basado en la genómica”, y su primer foco es comprender el cáncer.

## **LOS RESPIROCITOS: VIVIR RESPIRANDO CASI NADA**

Robert Freitas es uno de los mayores expertos mundiales en nanotecnología y profesor visitante de Singularity University en este tema. Uno de sus principales proyectos, en el que trabaja desde 1998, es el desarrollo de un nanodispositivo microscópico al que llamó “respirocito”, capaz de coexistir o de reemplazar a los glóbulos rojos de nuestra sangre.

El respirocito, que por ahora es simplemente un desarrollo teórico, cumpliría la misma función que los glóbulos rojos, pero con dos diferencias importantes. Por un lado, podrían almacenar 200 veces más oxígeno. Esta capacidad nos permitiría correr durante quince minutos a nuestra máxima potencia sin que tengamos que respirar o bucear algunas horas sin usar tanques de oxígeno. En estado de reposo, sería posible sostener la vida hasta cuatro horas sin inhalar ni exhalar. Por otro, de ser

necesario podrían autopropulsarse por unas horas, de modo de mantener el cuerpo oxigenado aun si el corazón dejara de latir.

Así, si Freitas tiene éxito, algún día podremos llamar al médico y decirle: “Doctor, se me acaba de parar el corazón... ¿Qué hago?”. El profesional, dependiendo de la situación, podrá respondernos algo así como: “Todavía le quedan cuatro horas, así que véngase a la clínica. Aquí, con mis colegas, decidiremos si lo hacemos arrancar de nuevo o si, directamente, le imprimimos un nuevo corazón”.

La vida media de un respiracito se calcula en veinte años y podrían expulsarse del cuerpo con un proceso similar al de la diálisis. Entre sus principales aplicaciones, están los accidentes en los que se perdió una gran cantidad de sangre o la presencia en atmósferas altamente tóxicas (como un incendio). También serían muy útiles para evitar el síndrome de muerte súbita en los bebés y para tratar las anemias y otras enfermedades de la sangre, así como el asma y las dolencias respiratorias. Incluso, tendrían usos deportivos como ayudar a los alpinistas a escalar las montañas más altas.

Pero no nos entusiasmemos más de la cuenta. Por ahora el proyecto no pasó de la etapa especulativa y probablemente pasen varias décadas antes de que se materialice. En los últimos años no se han publicado avances ni novedades sobre este proyecto. Será cuestión de seguir esperando nuevos progresos.

## **GIMNASIA CEREBRAL: SI VAMOS A VIVIR TANTO, VIVAMOS BIEN**

Todas las partes de nuestro cuerpo funcionan mejor cuando las usamos. Si levantamos una pesa, reforzamos los bíceps. Si trotamos a paso aeróbico, nuestro corazón se vuelve más resistente. Y si hacemos Pilates, damos mayor firmeza a nuestros glúteos. Muchos de nosotros dedicamos tiempo a mantener sano nuestro cuerpo a través de la actividad física. Sin embargo, a la hora de entrenar nos olvidamos de una parte muy importante de nuestro cuerpo: el cerebro. Durante años, la ciencia aseguró que se trataba de la única porción de nuestra anatomía que no crecía ni mejoraba después del nacimiento. Dicho de otro modo, triste por cierto: dado el deterioro gradual de los tejidos, el nivel de capacidad cerebral viaja cuesta abajo durante toda la vida.

Afortunadamente, los últimos hallazgos echan por tierra este antiguo supuesto. Según los nuevos conceptos asociados a la neuroplasticidad, el cerebro crece y evoluciona toda la vida, siempre y cuando lo usemos y lo sometamos a exigencias nuevas.

Colin Milner, CEO del International Council on Active Aging, una asociación creada en 2001 que mantiene conectados a los integrantes de la industria del envejecimiento activo, afirmó: “Vivimos en una época en que la gente gasta dinero en cosas que van del bótox a los implantes de glúteos o el

blaqueamiento de la piel, todo relacionado con la vanidad. (...) Nada de esto afecta nuestro interior. El desafío es que la gente se dé cuenta de que es más importante enfocarse en la prevención que en la perfección. (...) Nada refuerza más nuestra vanidad que tener la capacidad de recordar con quién diablos estamos hablando”.

Para suplir esta deficiencia, en 2007 la empresa Vibrant Brains abrió el primer gimnasio para el cerebro en San Francisco, Estados Unidos, con el lema: “Donde el sudor es figurado, pero los resultados son reales”. La competencia no tardó en llegar. NeuroActive Program ideó un programa de gimnasia cerebral que puede instalarse en una computadora. Lumosity y HappyNeuron ofrecen ejercitar el cerebro a través de la web. Y Nintendo, uno de los popes del mercado de videojuegos a nivel mundial, desarrolló Brain Age, que permite llevar un gimnasio cerebral completo en un dispositivo de mano del que ya vendió más de 10 millones de copias. Hasta apareció una consultora especializada en el tema, SharpBrains (que se autoproclama “investigadora de mercado, proveedora de servicios y autoridad en materia de gimnasia cerebral y salud cognitiva”), también ubicada en San Francisco.

La realidad indica que todavía no está comprobado que este tipo de cosas realmente haga una diferencia apreciable en nuestra capacidad cerebral. Lo único que se sabe con certeza es que el cerebro necesita seguir aprendiendo cosas nuevas y enfrentando desafíos en terrenos novedosos para mantenerse activo. Por último, también está comprobado que la actividad aeróbica, tan buena para el corazón, es muy beneficiosa para el cerebro, ya que aumenta el abastecimiento de oxígeno.

Si estamos a punto de vivir 1.000 años, no nos dejemos estar: tenemos que ejercitar la mente y salir a trotar. No vaya a ser cosa que cuando lleguemos a los 400 ya no demos más.

## **LOS RIESGOS Y DILEMAS DE UN MUNDO ETERNO: LA SUPERPOBLACIÓN**

Por más que vivir un milenio en buen estado de salud física y mental resulte atractivo desde el punto de vista individual, plantea enormes desafíos y problemas desde el punto de vista social.

La primera imagen que viene a la mente de cualquiera que piense en un mundo con personas viviendo tanto es la de un planeta superpoblado con grave escasez de recursos. Pero antes de sucumbir al pánico de las fantasías apocalípticas es importante tener en cuenta que la tasa de mortalidad en el mundo ya es bastante baja, aproximadamente un 0,8 por ciento. O sea, de 1.000 personas que brindarán este Año Nuevo, 992 volverán a levantar su copa el año próximo. La tasa de natalidad es más alta y se ubica en torno al 1,8 por ciento, de modo que la población crece por ese 1 por ciento de diferencia.

Consideremos ahora que, aun eliminando el envejecimiento, la tasa de mortalidad nunca sería cero porque siempre seguiría habiendo accidentes y muertes voluntarias. Supongamos que cayera a una octava parte, o sea, 0,1 por ciento. En ese caso bastaría bajar la natalidad actual a la mitad y estaríamos mejor que hoy en términos de crecimiento poblacional.

El dato insoslayable, de todos modos, es que, para evitar el estallido poblacional, en un mundo donde la vida fuera tanto más prolongada sería necesario tener menos hijos, y tal vez también tenerlos a una edad más tardía espaciando así las generaciones.

Aunque algunos países ya lo han hecho, muy probablemente no haría falta imponer políticas al respecto. La historia de la civilización demuestra que los aumentos en la calidad de vida y el nivel educativo van espontáneamente acompañados de una demora en la edad reproductiva y un menor número de hijos por pareja. En un proceso que tomó cientos de años, sin mediar regulación alguna, Europa pasó de un fuerte crecimiento poblacional a estar casi estancada. Veinte países europeos tienen ya decrecimiento en su número de habitantes.

El ejemplo de Corea del Sur es, tal vez, el más interesante por la velocidad en que sucedió. En 1960 el promedio de hijos por pareja era de 6. Producto de su fuerte desarrollo, en cincuenta años ese número cayó a 1,2, con una tasa de crecimiento poblacional proyectando llegar a cero en los próximos diez años.

## **LOS RIESGOS Y DILEMAS DE UN MUNDO ETERNO: LOS DESAFÍOS SOCIALES**

Las costumbres que rigen nuestra manera de vivir están profundamente afectadas por la finitud. Quiero mencionar aquí algunas aristas.

Un primer ejemplo obvio es el matrimonio monogámico. En la mayor parte del mundo las personas se casan con una sola persona, movidos por la idea de compartir el resto de sus vidas, y cuidarse y acompañarse cuando ya estén llegando al final. Con la actual expectativa de vida, la mitad de los matrimonios terminan en divorcio. ¿Qué sucederá cuando ésta sea más larga o infinita? No es nada fácil imaginarlo. Recuerdo el comentario irónico de un lector de mi blog *Riesgo y Recompensa* en un post que escribí sobre este tema: “Siempre me gustaron las mujeres más jóvenes. Imaginarme a los 800 años saliendo con una ‘pendeja’ de 450 no me atrae mucho... Tal vez en 300 años lea este post y me dé cuenta de lo equivocado que estaba”.

La inmortalidad impactaría también sin duda en el mundo de la educación y del trabajo, de los que hablaremos en capítulos posteriores. Baste por ahora decir que muchos sistemas jubilatorios están ya cerca del colapso por el cambio de proporción entre la población económicamente activa que es la

aportante y la masa de personas retiradas. Aumentar la expectativa de vida probablemente también incrementa la edad hasta la que es posible trabajar, con efectos difíciles de prever. Sí resulta claro que hará aún más difícil el desafío de generar empleos para un número de gente mucho mayor.

Otro tema es el de la aversión al riesgo. Enfrentados a un mundo donde la única posibilidad involuntaria de morir fuera por accidente, ¿nos haría esto mucho más temerosos y poco dispuestos a arriesgar? ¿O todo lo contrario? ¿Perderíamos la motivación para hacer cosas?

## ¿QUIÉN QUIERE VIVIR PARA SIEMPRE?

El resultado más sorprendente de la encuesta que hicimos con Gerry Garbulsky, mencionada al principio de este capítulo, no fue que la expectativa de vida de quienes respondieron no superara los 80 años. La mayor sorpresa radicó en que, al preguntar a los oyentes de nuestra columna radial en *Basta de Todo* cuántos años querrían vivir, y habilitados a pedir tantos como desearan, el 73 por ciento indicó menos de 100 años. Apenas una fracción chica de la gente expresó el deseo de vivir indefinidamente. ¿Será así realmente, que ante la posibilidad de vivir tanto como quieran, la gran mayoría de la gente prefiere morir?

En muchos casos, la razón para rechazar la idea de extender la vida proviene de convicciones religiosas. Pero en muchos otros la causa de esa “preferencia por morir” surge de uno de tres malentendidos.

1. En primer lugar, cuando la mayoría de las personas imagina vivir más supone extender la senilidad, no la juventud. Piensan: si un ser humano está decrepito a los 100, ¿cuánto peor estará a los 200! Sin embargo, el único camino posible para extender la vida humana pasa por eliminar el envejecimiento. Lo que se prolongaría de manera indefinida sería la juventud, no a la vejez.

2. En segundo lugar, mucha gente sostiene que “la muerte le da sentido a la vida” y que la finitud es fundamental como motor para querer hacer cosas. La realidad es que no podemos saber cómo sería vivir una vida sin la muerte acechando en el horizonte. Pero no es en absoluto obvio que en ese escenario perdiéramos el deseo de hacer cosas. Esta explicación y otras —como que hay que dejar el lugar a la siguiente generación—son diferentes versiones de un mismo fenómeno: convencidos por miles y miles de años de que el deterioro físico gradual y la muerte son inevitables, los humanos hemos construido justificaciones que nos hacen más llevadero vivir con la amenaza permanente del fin. En definitiva, hemos invertido los términos convenciéndonos de que morir es positivo.

3. Por último, existe la confusión de pensar la inmortalidad como condena irreversible, alimentada por la literatura, como en el célebre cuento “El inmortal”, de Jorge Luis Borges. Allí, el autor pinta un retrato desolador de una ciudad habitada por seres que no pueden morir, ni aunque lo deseen.

Desesperados por estar “condenados a vivir”, buscan como sea recuperar su mortalidad. Claramente ésa nunca podría ser la situación, ya que, aun sin envejecer ni enfermarnos, seguirían existiendo los accidentes fatales.

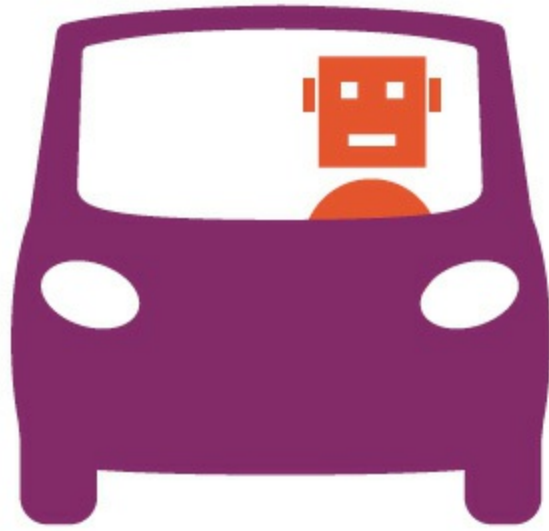
La idea de Borges se repite en casi todos nosotros. Es curioso, pero ser inmortal excluye en nuestro imaginario la posibilidad de morir por propia voluntad. Incluso en un mundo donde fuera posible vivir tanto como uno quisiera, ¿por qué no pensar que algunas personas quieran dejar de hacerlo y arbitren los medios para “irse” voluntariamente?

En su presentación en la conferencia TED, de Grey busca demostrar esto por el absurdo: “Levante la mano quien esté a favor de la malaria”, desafía. “La principal razón por la que pensamos que la malaria es mala es por una característica que tiene en común con el envejecimiento: nos mata. La única diferencia es que el envejecimiento mata a mucha más gente.”

De Grey cree que, cuando finalmente veamos que es factible prolongar la vida, nuestra actitud de rechazo cambiará y tendremos ganas de invertir más tiempo y dinero en el tema. Éste es uno de los motivos por los cuales desea mostrar resultados en ratones lo antes posible. En efecto, el hecho de que gran parte de la población deseche la idea de vivir más es un obstáculo importante para la investigación, que hasta el momento contó con recursos muy limitados. Es interesante considerar que si reasignáramos una fracción pequeña de lo que la humanidad destina a armamentos y ejércitos para matar a otros seres humanos, y lo usáramos para extender la vida, probablemente ya seríamos todos inmortales hace rato.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP7](http://libro.bilinkis.com/cap7)





## CAPÍTULO 8

EL FUTURO  
— a la —  
**VUELTA**  
— de la —  
**esquina**

# NADIE ESTÁ A SALVO DEL FUTURO

Los avances científicos y tecnológicos que discutimos hasta acá transformarán nuestra vida de maneras profundas. Pero la mayoría está aún en etapas tempranas de su curva exponencial. En algunos casos, como el de la extensión de la vida, pueden faltar varias décadas para que ocurran las mayores transformaciones. Dependiendo de tu edad actual, tu profesión, tu estilo de vida, tal vez hayas sentido hasta acá que muchos de estos cambios no van a afectarte.

Sin embargo, el efecto de progresos tecnológicos más pequeños puede ser grande y afectar en áreas insospechadas. Si creés que tu modo de vida no cambiará pronto, te invito a repensarlo.

Veamos un ejemplo interesante: si tuviéramos que elegir la actividad menos tecnológica de todas, el lavado artesanal de autos podría ser un buen candidato. Esta tarea se realiza utilizando baldes, trapos y mangueras para limpiar a mano los vehículos, de modo que parece completamente “protegida” de los efectos del cambio tecnológico. Sorprendentemente, el avance exponencial de las computadoras está afectando este negocio de manera radical.

En enero de 2013, la Cámara Argentina de Lavaderos de Automotores se quejó a través de una solicitada en los diarios por la cantidad de errores que comete el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) argentino, pronosticando tormentas que ahuyentan a sus clientes pero luego no ocurren. Sin embargo, lo interesante de esta noticia es que, hilando fino, se puede apreciar que el problema es precisamente el contrario: ¡lo que está perjudicando seriamente el negocio de los lavaderos artesanales no es el error en las predicciones meteorológicas sino el acierto! No sólo la confiabilidad del pronóstico ha ido en continuo aumento, también la previsión se realiza con más días de antelación. La combinación de los medios tradicionales e internet amplifican el efecto y hacen que mucha más gente esté al tanto del clima que se avecina. “Lavé al auto, así que hoy llueve”, rezaba el dicho. Actualmente, es raro que haya una tormenta y no lo sepamos varios días antes. Eso hace que más cantidad de gente deje de lavar sus autos con creciente anticipación.

Según datos de febrero de 2013, proporcionados por el director del SMN de Argentina, Héctor Ciappesoni, las estadísticas de los últimos 25 años señalan que:

- Después de cierta irregularidad en los primeros años, desde 1998 lleva 16 años consecutivos de consistente mejora en la precisión del pronóstico (usando una media móvil de cinco años). De acertar 74 por ciento de las lluvias pronosticadas para el día siguiente en 1998, esa cifra superó el 84 por ciento en 2012.

- En este período, las “falsas alarmas” (que molestan a los lavaderos) cayeron del 14 al 9 por ciento, mientras que las “lluvias inesperadas” disminuyeron del 10 al 8 por ciento.

¿Es esta mayor confiabilidad del pronóstico del tiempo consecuencia de mejores meteorólogos? Tal vez eso juegue un pequeño rol. Pero el grueso del avance se debe al uso de computadoras más y más poderosas. En efecto, la predicción meteorológica se realiza con sofisticados modelos matemáticos que requieren grandes capacidades de cómputo. Gracias a la mejora de los algoritmos y del poder de los procesadores, la efectividad de los pronósticos es mucho mejor que hace sólo veinte años. Seguramente los dueños de los lavaderos no sean conscientes de esta realidad, o no puedan expresarlo así, pero el verdadero villano no es otro que un señor llamado Moore y su ley de aumento de la capacidad de las computadoras. Pero incluso si lo supieran, no pueden acusar al SMN por acertar, ¿no?

El caso de los lavaderos artesanales es extremo, pero no el único: una serie de tecnologías empezó ya a cambiar, para siempre, el mundo como lo conocemos. Si bien los cambios que discutimos en capítulos anteriores son un tanto más a largo plazo, en este capítulo veremos un pantallazo de algunas tecnologías más maduras cuyo impacto es cercano. Con seguridad alterarán pronto tu vida de maneras difíciles de prever. Como un boxeador con sus ojos vendados, es difícil anticipar de dónde vendrá la “piña”. Pero es importante conocerlas para poder estar alerta.

## **LOS AUTOS AUTÓNOMOS: EL IMPACTO EN NUESTRA VIDA DIARIA**

De los cambios tecnológicos que se avecinan, probablemente ninguno sea más inminente que la llegada de autos capaces de conducirse a sí mismos.

De las carretas y las diligencias en adelante, estamos acostumbrados a ver personas conduciendo nuestros medios de transporte, incluyendo obviamente los automóviles. Sin embargo, estoy seguro de que en una década nos parecerá absurdo que nosotros, con nuestra limitadísima información perceptual, los condujéramos. Contando apenas con lo que ven nuestros ojos (si no omitimos ponernos los anteojos o estamos mirando mails en el celular) y lo que escuchan nuestros oídos (si es que el volumen de la música no está demasiado alto o estamos hablando por teléfono), salimos con 1.500 kilogramos de metal a 130 kilómetros por hora a rutas repletas de otros vehículos en la misma situación. Para hacer la situación aún más seria, muchas personas manejan luego de consumir alcohol o tranquilizantes que hacen aún menos efectivos sus reflejos y su atención.

También es sumamente escasa la información que tenemos respecto de lo que están haciendo los demás autos. Si el de adelante empieza a frenar, lo único que nos alerta es una pequeña luz roja, incapaz de indicarnos la intensidad de la frenada. Por lo tanto, en una fracción mínima de segundo debemos:

a) Ver a qué ritmo me estoy acercando al auto de adelante para inferir cuánto está frenando.

b) Si somos prudentes, mirar también por el espejo retrovisor y ver a qué distancia se encuentra y a qué ritmo se acerca el auto de atrás.

c) En base a toda esa información, recogida y analizada en millonésimas de segundo, decidir cuánto apretar el freno para no impactar con el auto de adelante y que el de atrás no nos impacte.

Visto así, no es casualidad que la mayoría de los accidentes sean causados por errores de los conductores y no por problemas mecánicos. El CESVI (Centro de Experimentación y Seguridad Vial) realizó una estadística de reconstrucción de accidentes entre 2004 y 2010 en el país, de la que se desprende que el 87 por ciento de los siniestros están relacionados con errores de conducción. Sólo en la Argentina podrían salvarse más de 6.000 personas al año. Y como si el problema no fuera suficientemente grande, seguimos llenando las ciudades de más y más autos, sin realizar mejoras significativas en la infraestructura, de manera que circular es cada vez más tortuoso y estacionar, una misión imposible.

La buena noticia es que hay luz al final del túnel. Pronto dejaremos de manejar para que comience a hacerlo... el propio automóvil. Existen ya numerosos prototipos de autos capaces de conducirse a sí mismos. En particular, un sistema diseñado originalmente por la Universidad de Stanford adquirido por Google lleva más de un millón de kilómetros manejados sin que ningún humano toque el volante, apriete el freno o ponga el guiño. En marzo de 2012 la empresa compartió un video en el que se ve a un hombre que sube a un auto, le dice a dónde quiere ir y, simplemente, se relaja y se deja llevar. En el trayecto, bromea. Levanta sus brazos y dice: “Mirá, ma, sin manos”, como los chicos cuando alardean a sus madres sobre sus habilidades sobre una bicicleta. Lo más llamativo del tema es que, como se devela sobre el final del video, este señor es ciego.

En el área de Silicon Valley, donde andan cotidianamente los prototipos autónomos, circula la siguiente broma: “¿Cómo se hace para reconocer en el tránsito a los autos autónomos de Google? Fácil, se los identifica porque son los únicos que cumplen las normas de tránsito”.

Antes describíamos la cantidad de decisiones que hay que tomar al volante, por ejemplo cuando el auto de adelante comienza a frenar. La comunicación Vehículo a Vehículo (V2V) está en estudio en Estados Unidos desde hace diez años. Sin embargo, el estándar DSRC (Dedicated Short-Range Communications) que se propone no ha logrado aún suscitar apoyo. Los vehículos autónomos deberán estar conectados desde el primer momento, para alimentar sus mapas 3D con toda la información disponible en tiempo real. Superado ese obstáculo regulatorio, los autos autónomos no tendrán inconvenientes en comunicarse entre sí de manera inalámbrica toda la información relevante y, de modo instantáneo, coordinar la reducción de velocidad. Este vínculo informativo no se limitará

sólo a dos coches sucesivos, sino a toda la línea de los que siguen, de forma que la autopista entera se convertirá en una cuidada coreografía vehicular. Sin embargo, una vez incorporada la comunicación V2V, la necesidad de frenar probablemente sea una rareza sólo producto de algún problema imprevisto.

Este cambio, a su vez, permitirá reducir mucho la distancia entre vehículos, aumentando de manera considerable la capacidad de calles y rutas y mejorando los actuales problemas de congestión. Dada la lentitud de decisión humana, el criterio recomendado habitualmente (que pocos conductores respetan) es aplicar la “regla de los 3 segundos” como distancia mínima entre autos, que a 130 km/h implica más de cien metros. Los autos autónomos podrán, de manera segura, circular a unos pocos metros entre sí.

Los semáforos, algún día, también serán un elemento de museo: en las intersecciones no será necesario detenerse, posiblemente ni siquiera reducir demasiado la velocidad. Los autos de ambos sentidos pasarán de manera sincronizada, sin necesidad de frenar, salvo para permitir el cruce de peatones.

La circulación de autos a baja velocidad en busca de un espacio para estacionar es una de las principales causas de la congestión de tránsito en las ciudades. Sin embargo, también eso se solucionará: una vez llegados a nuestro destino, el auto podrá conectarse a una base de datos que le informará dónde hay lugar; o directamente podremos decirle: “Volvé a casa y pásame a buscar a las cinco”.

El manejo urbano es una gran fuente de estrés cotidiano. En mayo de 2014 Google presentó un primer prototipo de auto que no tiene volante ni pedales, donde todos los que se sientan son pasajeros y no conductores. Liberados de la necesidad de conducir, podremos rediseñar los autos por completo, preparando su interior para nuestro descanso, esparcimiento o trabajo.

¿Cuánto falta para que esto sea parte de nuestra realidad cotidiana? No mucho. La tecnología necesaria para estos automóviles aún es muy cara, es cierto, pero como todos los ámbitos en los que están involucradas las nuevas tecnologías, el precio sólo tenderá a bajar (vale como antecedente los aviones que aterrizan por instrumentos, sin intervención humana, que existen hace bastante en el mercado). La fecha estimada del inicio de comercialización de autos autónomos varía entre 2017 y 2023.

Esta panacea tiene por delante otros desafíos, más ligados a lo cultural y a lo legal que a lo tecnológico. Por ejemplo, en caso de que ocurra un accidente que involucre a un vehículo autónomo, determinar quién será el responsable. Seguramente cuando ocurra la primera víctima fatal por una falla, millones de voces airadas pedirán prohibir la tecnología. Aparentemente nos resulta inaceptable morir a manos de un software, pese a que aceptamos de facto que miles perezcan cada

año por causa de conductores alcoholizados.

También se plantean cuestiones legales: ¿será posible ordenarle a nuestro auto que viole el límite de velocidad? ¿Y que haga algo ilegal? ¿Podrá la policía darle órdenes y redirigirlo contra nuestra voluntad?

Finalmente, quizás el dilema más difícil de resolver sea la ética con la que el software dote al auto mismo. En una situación de emergencia ante una posible colisión, el conductor siempre reacciona instintivamente haciendo aquello que maximiza sus chances de sobrevivir. Pero, ¿qué debería hacer en ese caso un auto autónomo del futuro?

En un artículo inquietante publicado en la revista *Popular Science*, el periodista Erik Sofge se pregunta: “¿Deberá un robot sacrificar tu vida para salvar dos?”. Allí él plantea una situación hipotética en la que un auto autónomo va circulando por un camino de cornisa. Repentinamente estalla un neumático, el auto se sale una décima de segundo de control, el software analiza velozmente las alternativas y determina que existen dos opciones: Por un lado, puede virar hacia la izquierda y generar una colisión de frente contra un vehículo con cuatro ocupantes. Las consecuencias del accidente son inciertas, pero el auto estima un 50 por ciento de probabilidades de morir a cada una de las personas involucradas. El conductor tiene 50 por ciento de chances de salvarse, pero es esperable que mueran dos o tres personas y el resto sufra lesiones serias. Por otro, puede virar hacia la derecha, ocasionando que el vehículo caiga a un precipicio, condenando a una muerte segura al conductor pero salvando a los cuatro ocupantes del otro auto de las posibles lesiones y muertes.

Con nuestra limitada capacidad de manejo, nadie esperaría que un conductor humano tome una decisión analítica en ese contexto. Pero un auto autónomo debe hacerlo y requiere que se le instruya cuál de las opciones debe ejecutar en un escenario así. Socialmente la respuesta debiera ser clara: salvar el mayor número de vidas posible. Pero, ¿comprarías un auto sabiendo que proteger tu vida no es su principal prioridad?

Dotar a un auto de inteligencia simple para resolver este tipo de situaciones implica, en el fondo, dotarlo también de valores.

Más allá de estos obstáculos, el progreso no habrá de detenerse y esos detalles serán salvados de un modo u otro. De hecho, el Estado de Nevada, en Estados Unidos, se convirtió en mayo de 2011 en el primer territorio en legalizar la circulación de estos vehículos. California lo hizo pocos meses después.

¿Cuál será el mayor desafío para los autos autónomos en su avance? Probablemente coexistir en la transición con las imprevisibles decisiones, la arrogancia y la agresividad de la conducción humana.

# LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Hacia 1450, Johannes Gutenberg inventó la imprenta de tipos móviles y generó una revolución: la lectura y la escritura dejaban de ser dominio de unos pocos y se democratizaban, quedaban al alcance de todo el mundo. Sin embargo, la producción de libros siguió estando en manos de un conjunto pequeño y selecto: los dueños de esas maquinarias capaces de hacer libros. La impresora, en ese sentido, sentó una segunda revolución: llevó la posibilidad de plasmar texto en papel a todas las casas. La fotocopidora, a su vez, permitió tomar una hoja y duplicar su contenido de manera exacta cuantas veces quisiéramos.

La impresión 3D lleva este mismo concepto al mundo de los objetos físicos. Igual que sucedió con la imprenta y los textos, ciento cincuenta años después la Revolución Industrial masivizó la disponibilidad de productos, pero también dejó la posibilidad de fabricarlos en manos de una minoría dueña de las maquinarias. La impresión 3D llega para abrir ese juego: con esta tecnología cualquiera puede construir objetos sin salir de su casa. En combinación con el escáner 3D, es posible también “fotocopiar” cosas físicas: hacer numerosas copias a partir de un original.

Si uno tiene una botella de agua en la mano, un escáner 3D puede crear un modelo digital de ella en un archivo en la computadora y la impresora se encarga de reproducirla. ¿Cómo lo hace? Construyendo el objeto capa por capa. Así como en la impresora se puede cargar tinta y depositarla en los lugares correctos sobre el papel, aquí se pueden incorporar los materiales necesarios y colocarlos donde corresponda para generar un objeto corpóreo. Si queremos hacer una botella idéntica, habrá que poner plástico. Pero también la podemos fabricar en una versión de vidrio o metal.

¿Cómo trabaja la impresora 3D? Imaginemos una plataforma plana y un cabezal de impresora que, en lugar de volcar un poco de tinta sobre un papel, pone una cantidad muy chiquita de plástico. Si el objetivo es construir un silbato, lo primero que hará es generar una capa fina con la forma del “piso” del objeto. Luego, comenzará a completar los bordes. Dejará un hueco en el centro, por supuesto, que es por donde pasa el aire que origina el sonido. Luego, concluye con el “techo”. Este ejemplo es muy útil porque nos permite ver una de las ventajas de la impresión 3D frente a la fabricación tradicional de objetos: no hace falta hacer dos mitades de silbato, colocar la bolita en el medio y luego unir las. Aquí, se puede construir todo a la vez. Al mismo tiempo que las paredes, la bolita se irá generando capa a capa en el centro, adosada con un segundo material de relleno, que evita que se pegue al piso y que luego se disolverá con ácido.

Esta manera de fabricación derriba muchos pilares de los modos de producción utilizados hasta ahora, descriptos a continuación:

- El fin de las economías de escala: Con los métodos industriales de producción el costo por unidad es más barato si hacemos un millón que si hacemos diez. Eso acentuó el proceso de concentración de fabricación de los bienes en unas pocas firmas de consumo masivo. Con las impresoras 3D, este fenómeno desaparece: el costo es el mismo, independientemente de la cantidad, abriendo la puerta a que cualquiera pueda localmente competir con grandes empresas en una escala pequeña.

- El fin del “one size fits all” (“un solo tamaño para todos”): Por las economías de escala, anteriormente convenía concentrar la producción de un bien en pocos tamaños y colores estándar y que cada uno use el que más se acerque a su talla o preferencia. A una impresora 3D le resulta exactamente igual imprimir 100 productos iguales o 100 diferentes. Eso abre la puerta a generar productos con un altísimo grado de personalización o apuntados a nichos pequeños que no resultaban rentables. Los zurdos, por ejemplo, representan un 10 por ciento de la población. Hasta ahora constituían una cantidad demasiado grande para producir artesanalmente los productos que necesitan, pero muy pocos como para que sea rentable fabricar bienes específicos para ellos a nivel industrial. Eso está por cambiar.

- El fin del costo de la complejidad: Así como a una impresora de tinta le da lo mismo y le toma casi el mismo tiempo imprimir un cuadriculado que una imagen de *La Gioconda*, para una impresora 3D el grado de complejidad del objeto es irrelevante. El costo de fabricar productos complejos es el principal responsable de que los productos antiguos y artesanales fueran minuciosamente trabajados (como las molduras o puertas de una casa del siglo XIX) y ahora todo tenga líneas rectas y carezca de texturas. En la naturaleza nada es recto. Pensemos por ejemplo en la forma de un árbol o en los cuernos de una cabra. La impresión 3D nos libera de la esclavitud de lo recto y lo chato.

- El fin de la logística: Si tomamos como ejemplo un teléfono inteligente, hasta llegar a nuestras manos cada uno de sus componentes debió viajar miles de kilómetros hasta donde haya sido ensamblado, y luego miles también hasta el negocio donde lo compramos. Usando impresoras 3D, cada componente y cada producto puede ser fabricado allí donde lo necesitamos, en el momento preciso. Así, desaparecerá el ir a un negocio y descubrir que lo que buscamos no está disponible. A lo sumo nos dirán que regresemos en unas horas.

- El fin del desperdicio de materiales: Miguel Ángel decía que las esculturas ya estaban dentro de las rocas que utilizaba y que su trabajo era apenas quitar lo que sobraba. Con la fabricación aditiva usada por la impresión 3D, que añade material en vez de quitarlo, la máquina utiliza solamente el material que necesita, casi sin desperdicio.

Esta tecnología tiene infinitas aplicaciones: sirve tanto para producir juguetes, como muebles,

repuestos para autos o bikinis que se adapten perfectamente a la anatomía de su dueña. Y abre caminos hasta aquí impensados que transformarán industrias enteras. Un buen ejemplo es el caso de los barcos transatlánticos. Imaginemos que una de estas mega embarcaciones sufre un desperfecto en medio del mar. Obviamente allí no pueden encontrarse repuestos de ningún tipo, por lo que los barcos deben llevar a bordo toda clase de piezas por la eventualidad de que alguna falle. Ahora pueden simplemente llevar una impresora 3D. Ante un desperfecto, imprimen el repuesto, lo cambian y siguen su marcha.

Algunas compañías están experimentando con la impresión de edificios. Contour Crafting, por ejemplo, es capaz de construir casas utilizando una impresora 3D más grande, del tamaño de una grúa, y que reduce el uso de energía y las emisiones contaminantes habituales del segmento de la construcción. Y si bien es cierto que todavía no sirve para edificar la casa de los sueños, sí puede ser una herramienta fundamental para enfrentar catástrofes ambientales como terremotos o huracanes, pudiendo levantar una vivienda habitable de material en apenas tres días.

Otro segmento en el que todo podría hacerse de manera más sencilla gracias a esta tecnología es la navegación aeroespacial. Made in Space, una empresa fundada por compañeros míos en Singularity University, está desarrollando impresoras 3D capaces de funcionar en ausencia de gravedad. Eso permitirá poner los materiales en órbita para construir los cohetes directamente en el espacio. Hacerlos en la Tierra requiere usar materiales ultra resistentes, sólo para resistir el impulso y la vibración de los primeros minutos hasta que salen del campo gravitatorio de nuestro planeta. Vencer esa atracción requiere el empleo de enormes cantidades de energía para el lanzamiento, lo que implica asumir grandes riesgos. Aún hoy, la chance de morir en el despegue de un cohete es de una en 38, una de las actividades más peligrosas que puede hacer un ser humano. Del mismo modo, impresoras 3D estratégicamente ubicadas pueden evitar situaciones como la sucedida con la sonda Huygens. Diseñada en los 80 y construida en la primera mitad de los 90, fue lanzada hacia Saturno como parte de la misión Cassini en 1997. Luego de un viaje de ocho años, al momento de llegar a destino en 2005 la tecnología fotográfica con la que contaba la sonda tenía ya quince años de antigüedad y peor definición que una cámara de cien dólares comprada en cualquier tienda en la Tierra. Pese a los tres mil millones de dólares gastados, la calidad de las imágenes transmitidas fue decepcionante. En un futuro aún lejano se podrá enviar una impresora a bordo y transmitirle el archivo digital que le permita incorporar los elementos tecnológicos más actuales al momento de su llegada.

De todos los impactos que traerá esta tecnología, el más importante será la aparición de la piratería de objetos, así como apareció la copia de música y películas cuando estos elementos se volvieron digitales. Los conceptos mismos de propiedad intelectual y de marca deberán cambiar.

Esta idea fue expuesta con gran claridad por el brillante pensador Andrei Vazhnov en su anticipatorio libro *Impresión 3D: cómo va a cambiar el mundo*, el primero sobre este tema escrito en español. Allí, el autor extiende la idea de la imposibilidad de discernir original y copia de la música a todos los bienes físicos devenidos digitales: “Una copia de un archivo musical que tú puedes hacer en una computadora barata es exactamente de la misma calidad que un archivo bajado directamente de iTunes. La calidad de una copia digital es perfecta y no tiene sentido decir que un MP3 con marca Sony es ‘mejor’ que un MP3 copiado en casa. Y cuando algún día una impresora 3D pueda imprimir una copia idéntica de una cartera Louis Vuitton, ¿en qué sentido será ‘falsa’? En un mundo donde las copias físicas tienen la calidad digital, en términos prácticos, ya no va a tener sentido hablar de productos falsos o de esculturas originales, al igual que hoy no tiene mucho sentido hablar de MP3 verdaderos.”

Generalmente en el mundo actual los productos muy caros (por ejemplo, un Rolex) no son proporcionalmente mejores que los de marcas más económicas (digamos, un Swatch). La diferencia de precio se explica por el estatus que conlleva usar productos de marca X o Y. Sin embargo, cuando la duplicación elimine la frontera entre original y copia el estatus dejará de pasar por la marca y dependerá de la “unicidad”, cuán único y diferente a todo sea lo que usemos. Nuestros amigos, celosos, preguntarán: “¿Cómo fabricaste eso?” o “¿Quién te lo diseñó?”.

En la actualidad, la impresión 3D todavía se utiliza prioritariamente para prototipos y maquetas. La mayoría de los modelos son, por ahora, equivalentes a las antiguas impresoras tradicionales que imprimían en blanco y negro: sólo pueden cargar un material. Otras permiten mezclar colores, siempre del mismo material. Y un tercer grupo ya acepta varios materiales diferentes y permite construir objetos más complejos. Si bien todavía estamos lejos de imprimir un teléfono celular en casa, Petter Schmidt y Bob Swartz del MIT MediaLab lograron hacer un reloj, construido directamente con todas sus piezas ya ensambladas, listo para empezar a hacer tic tac apenas sale de la impresora.

En lo inmediato, quienes quieran tener su propia impresora 3D deberán abonar entre mil quinientos y tres mil dólares. Pero los precios vienen cayendo rápidamente. Y para presupuestos más acotados, también es posible por menos dinero fabricar la propia impresora. RepRap es un proyecto de desarrollo colaborativo y abierto (*open source*) que permite armar uno de estos dispositivos imprimiendo gran parte de las piezas con un costo total de menos de mil dólares. Si bien requiere aún comprar algunos componentes, uno de los objetivos de RepRap es diseñar la primera máquina capaz de hacer copias de sí misma. Quien tenga una podrá hacer tantas como quiera.

Marcin Jakubowski se fijó una meta más ambiciosa aún: con su proyecto Open Source Ecology (Ecología de Código Abierto) se propone generar el “Kit para iniciar una civilización”, que incluya

los modelos 3D para poder imprimir y fabricar 50 máquinas capaces de generar todo lo necesario para crear ¡tu propia civilización desde cero!

Hace poco tiempo, durante una entrevista televisiva, le preguntaron a David Dalrymple, mi genial compañero de clase en Singularity University, mencionado en el capítulo sobre Inteligencia Artificial General: “Entonces, ¿lo que usted dice es que, dentro de un tiempo, en lugar de ir a un negocio a comprar una tostadora voy a poder imprimirme una tostadora en mi casa?”. A lo que David respondió con una sonrisa: “¿Una tostadora? ¿¡Por qué no imprimir directamente la tostada!?”.

## **BITCOINS: LA REVOLUCIÓN DEL DINERO DIGITAL**

El dinero es una de las herramientas fundamentales de la civilización moderna. Sin embargo, pese a su enorme importancia, casi no ha tenido innovaciones en los últimos mil años, desde que en la Edad Media se inventó el papel moneda. Pero el arrasador fenómeno de la digitalización promete romper rápidamente este estancamiento con la revolución de las monedas virtuales o criptomonedas, entre las cuales se destaca el *bitcoin*. Se trata de un sistema monetario digital totalmente virtual, con transacciones que pueden realizarse velozmente sin intermediarios y con un razonable nivel de anonimato.

Apoyada en sofisticados algoritmos criptográficos, el bitcoin permite enviar dinero a través de una red pública como internet sin que nadie pueda interceptar el flujo de la transferencia, dejando un rastro que permite para siempre verificar que el envío fue hecho y quién es el dueño de cada bitcoin. Al igual que sucede con la web, donde es lo mismo mandar un mail a la computadora de al lado que a China, los pagos con bitcoin no reconocen fronteras: llegan de manera casi instantánea a cualquier lugar del globo, superando las enormes limitaciones actuales del sistema internacional de pagos.

Bitcoin rompe con el monopolio de facto de la emisión de dinero que desde hace tiempo mantienen los bancos centrales de las naciones. Aun cuando hoy todo el dinero usado es emitido por los gobiernos de los diferentes países, esto no fue siempre así. En Estados Unidos, por ejemplo, el dinero privado circuló libremente hasta ser prohibido por ley en 1863. En ese momento, existían más de 8.000 monedas distintas, emitidas por empresas, bancos privados, estados, municipalidades y hasta iglesias. A diferencia de los países, que utilizan su moneda como herramienta de política monetaria interna, los bitcoins son creados privadamente y se emiten a través de un proceso que se conoce como “minería” cuyo ritmo ya está fijado y alcanza una cantidad máxima de 21 millones que jamás será superada. Esto hace prácticamente imposible que exista inflación en bitcoins, convirtiéndolo en una sólida alternativa a las monedas nacionales, especialmente de aquellos países

que llevan adelante políticas monetarias laxas exponiendo al tenedor al riesgo de pérdida de valor por exceso de emisión. Muchos gobiernos están combatiendo agresivamente la nueva moneda, intentando prolongar su monopolio sobre la emisión de dinero.

El debate en la actualidad pasa por definir, técnicamente, si el bitcoin es una moneda o un activo. En la teoría de las finanzas, para que algo funcione correctamente como moneda debe cumplir bien seis condiciones: 1) ser escaso; 2) ser divisible; 3) ser transportable; 4) ser durable; 5) ser reconocible; y 6) ser fungible. Sus defensores argumentan que el bitcoin cumple con estas características mejor que cualquier otra alternativa usada hasta hoy, superando al papel moneda y al oro, las dos mejores opciones creadas hasta el momento.

Como sucede con las demás monedas, los bitcoins pueden obtenerse en “casas de cambio” virtuales conocidas como “exchanges”. Aunque todavía es limitado el número de comercios que los aceptan, muchos inversores los han adoptado como alternativa de ahorro o especulando con la suba de su valor. El precio de los bitcoins muestra todavía demasiada fluctuación para sustituir por completo a las monedas tradicionales, pero a medida que más personas lo adopten este efecto debería desaparecer. ¿Tiene respaldo esta moneda? Sólo el que le da la gente que la utiliza.

Esta característica asusta a muchos posibles usuarios, que conservan la idea de que el dinero actual es respaldado por las reservas de los países. Tomemos como ejemplo al dólar, la moneda más utilizada en el mundo. Hasta 1934, los dólares eran obligaciones de pago de Estados Unidos, y la Reserva Federal estaba obligada a cambiarlos por oro a quien lo solicitara. A partir de ese momento el dólar estuvo respaldado en plata. Pero desde el “Shock de Nixon” en 1971, que marcó el final del “patrón oro”, el dólar, al igual que la mayoría de las monedas de este planeta, se convirtió en lo que se conoce como dinero “fiat” (basado en la fe), eliminando toda obligación del país de dar respaldo de su moneda. Hasta abril de 2014, la oferta total de dólares llegaba a los 4 billones (en sentido latino), mientras que las reservas internacionales de Estados Unidos eran más de veinte veces menores. En palabras del US Department of Treasury, “los billetes de la Reserva Federal no son convertibles en oro, plata u otro bien, y no reciben ningún tipo de respaldo. (...) Los billetes no tienen ningún valor en sí mismos, salvo por lo que permiten comprar”. Lo único que Estados Unidos se compromete a darte a cambio de un billete de un dólar es... ¡otro billete de un dólar! En palabras del economista Milton Friedman, “los pedacitos de papel verde tienen valor porque todos creen que tienen valor”. Exactamente igual que el bitcoin.

Otro aspecto revolucionario de esta nueva moneda es que, al no existir intermediarios, las transferencias son gratuitas o tienen un costo muy bajo. Esto puede afectar seriamente el negocio de los bancos y abrir la puerta a la posibilidad de hacer micro pagos: ¿por qué comprar una revista con 50 artículos por 5 dólares si sólo quiero leer una nota que podría pagar directamente al periodista

por 0,10 dólares? El bajo costo comparado con otros medios de pago disponibles es una de las principales razones para que un comercio los incorpore como medio de pago. Las posibilidades de fraude también son mucho menores que en una transacción con tarjeta de crédito.

Si lo observamos con mayor perspectiva, el protocolo bitcoin puede ser utilizado también para otros fines, como transferir la propiedad de otros bienes digitales o firmar digitalmente documentos. Muchos emprendedores en Silicon Valley y alrededor del mundo están ya pensando cómo sacar provecho de esta plataforma en aspectos que van mucho más allá de la transferencia de dinero.

Llevamos tanto tiempo acostumbrados a la existencia de billetes y monedas que pocas veces nos detenemos a pensar cuán obsoleto es ese sistema en el cual, para comprar algo, es necesario contar con un papel o un círculo de metal, tan sencillos de falsificar, que se llenan de gérmenes por tanto intercambio de mano en mano y que pueden perderse con una sencillez que abruma.

En los círculos económicos, la discusión ya está presente: ¿Son los bitcoins una verdadera revolución financiera o se trata tan sólo de una burbuja? Su valor todavía es muy volátil, habiendo experimentado una suba muy pronunciada a finales de 2013, seguida por una caída también pronunciada. Pero independientemente de los vaivenes momentáneos de su cotización, sea a través de bitcoin u otra moneda futura, el fenómeno del dinero digital llegó para quedarse.

## **REALIDAD AUMENTADA: ENRIQUECIENDO EL MUNDO CON DATOS**

En un lejano 1984, *Terminator* (esa especie de *cyborg* interpretado por Arnold Schwarzenegger) obtenía, cada vez que miraba a una persona, información adicional sobre ella (por ejemplo, sus datos personales). Este concepto de ligar elementos de la realidad con otros virtuales, en ese momento ciencia ficción, hoy comienza a utilizarse en diferentes áreas educativas y de negocios y recibe el nombre de “realidad aumentada” (RA).

La RA combina el mundo real y el virtual para que un usuario pueda enriquecer su experiencia de la realidad incorporando datos e información sobre lo que está viendo, escuchando o experimentando. Las primeras aplicaciones incorporan RA en los dispositivos que ya utilizamos, ya sea una consola de videojuegos, un teléfono móvil, una tableta. Sin embargo, comienzan a aparecer aparatos específicamente diseñados para este fin, como los Glass desarrollados por Google. En líneas generales, todo sistema de RA cuenta con una cámara que toma información del mundo real, un software que le incorpora el aspecto virtual y una pantalla o monitor donde se puede ver la combinación de ambas. El mundo de los videojuegos picó en punta en combinar el mundo real y el virtual y ofrece desde hace ya muchos años consolas que pueden controlarse con los movimientos del

cuerpo, como la pionera en este terreno, la Wii.

Las aplicaciones de la RA exceden el mero entretenimiento y llegan a los terrenos más diversos del quehacer cultural, educativo y de negocios. Por ejemplo, los museos o centros de investigación pueden reconstruir un dinosaurio o el paisaje original donde hoy hay ruinas, para que sea visualizado por los visitantes. El parque francés Futurescope ha hecho grandes avances en este terreno.

La industria de la construcción también comenzó a sacar provecho de la RA. Algunos desarrolladores ya prepararon edificaciones virtuales de forma tal que sus clientes puedan ver terminada la propiedad cuando apuntan con sus smartphones o tabletas hacia el pozo donde se construirá. Otros segmentos que están investigando cómo obtener mayores beneficios con la RA son la medicina (podría facilitar notablemente el diagnóstico y las cirugías) y las empresas mineras y de petróleo y gas, ya que podrían tomar reproducciones fidedignas de campos de exploración y minimizar los riesgos de inversión antes de cada nueva excavación.

En un aspecto más cotidiano, el turismo se nutre mucho de esta tecnología: un viajero apunta con la cámara de su teléfono celular en alguna dirección y obtiene información detallada sobre ese punto, tal como lo hacía el viejo *Terminator*: qué opinan los usuarios sobre un determinado restaurante, cuál es el precio del hotel que tienen justo enfrente o a qué hora pasa por esa parada el siguiente autobús. Las ciudades más grandes de Estados Unidos y Europa ya cuentan con servicios de este tipo.

Ciertas aplicaciones también simplifican mucho las búsquedas inmobiliarias: con sólo elevar la mirada, se podrá ver cada departamento que esté en venta o alquiler, con un cartel virtual que, además, nos informa datos de la propiedad, superficie, el valor pretendido por el propietario, etcétera.

En el mundo de la moda existen probadores en los que uno puede verse con la ropa que desea sin siquiera tocarla. Firmas como Uniqlo o Macy's ya hicieron sus experiencias iniciales. La primera instaló en su local de San Francisco dos Magic Mirrors: probadores virtuales en los cuales el cliente interactúa con un espejo de medio cuerpo con tecnología touchscreen y un motor de cambio de colores que permite elegir prendas de la tienda y reflejarse con ellas puestas. La segunda lanzó Magic Fitting Room en su tienda de Herald Square, en Nueva York. En las primeras seis semanas desde su lanzamiento, más de 16.000 personas pasaron por el probador. En Latinoamérica, Falabella implementó su "Probador virtual" en Argentina, Chile y Perú. Cualquier persona con una computadora con cámara web puede entrar en el sitio de la compañía y, luego de tres instrucciones sencillas, probarse toda la colección, sin moverse de su casa y sin sacarse ni ponerse ninguna prenda.

Prima hermana de la Realidad Virtual (RV), seguramente la RA aproveche el impulso que generará la compra del visor Oculus Rift por parte de Facebook, en 2.000 millones de dólares en marzo de

2014. Esta adquisición señala finalmente la inminencia de la llegada de la RV, tecnología con la que se fantasea desde hace décadas. Ambas tienen el potencial de impulsarse mutuamente dada su gran complementariedad.

Mientras tanto, aplicaciones como Google Goggles (el usuario saca una foto y el servicio, si la encuentra dentro del buscador Google, aporta la información extra que tenga sobre la imagen), el navegador de RA Wikitude o el creador de experiencias de realidad aumentada Layar, ganan adeptos a diario. El potencial de adicionar una capa de datos digitales al mundo físico promete también producir grandes transformaciones en nuestra vida en los próximos años y oportunidades que recién comienzan a ser exploradas.

## ***BIG DATA:*** **LA REVOLUCIÓN INFORMATIVA**

Como mencionamos en la introducción del libro, la humanidad genera hoy en día abrumadores volúmenes de datos. Tantos que se vuelve imposible para un ser humano obtener información a partir de analizarlos. *Big data* es el nombre que recibe un abanico de tecnologías que tiene como objetivo procesar y aprovechar todo el conocimiento escondido en esos enormes repositorios de datos.

Las tecnologías como la computación *in-memory*, que propone que la información se almacene y manipule en la memoria de las computadoras en lugar de en discos, aceleran de manera vertiginosa la capacidad de encontrar cualquier dato. Y ya no se trata de buscar un nombre en una base de datos que tiene un campo que se llama, precisamente, “nombre”, sino de bucear tanto por datos estructurados (es decir, los que se almacenan en esas bases) como por los no estructurados, que provienen de correos electrónicos, redes sociales, radiografías, videos, sensores, fotografías, blogs, tags de RFID, diálogos grabados en un call center y un etcétera gigantesco.

¿Qué cosas se pueden lograr con las herramientas de *big data*? Echemos un vistazo a algunos proyectos de los que participaron recientemente investigadores de IBM:

- El Language, Interaction and Computation Laboratory (CLIC) en conjunto con la Universidad de Trento en Italia, estudia la comunicación verbal y no verbal, tanto con métodos computacionales como cognitivos.
- El Lineberger Comprehensive Cancer Center - Bioinformatics Group analiza datos producidos por los investigadores de The Cancer Genome Atlas (TCGA) para dar soporte a las investigaciones relacionadas con esa enfermedad.
- El PSG College of Technology, de la India, estudia múltiples secuencias de proteínas para

determinar los enlaces evolutivos y predecir estructuras moleculares.

- La Universidad de Maryland es una de las seis casas de estudio que colaboran en la iniciativa académica de cómputo en la nube de IBM/Google. Sus investigaciones incluyen proyectos en lingüística computacional (*machine translation*), modelado del lenguaje, bioinformática, análisis de correo electrónico y procesamiento de imágenes.

- El Instituto de Tecnología de la Universidad de Ontario (UOIT, por sus siglas en inglés) junto con el Hospital de Toronto, monitorea bebés prematuros en las salas de neonatología para determinar cualquier cambio en la presión arterial o la temperatura, alteraciones en los registros del electrocardiograma y electroencefalograma, entre otros controles. Así, detecta hasta 24 horas antes aquellas condiciones que puedan ser una amenaza en la vida de los recién nacidos.

- Los laboratorios Pacific Northwest National Labs (PNNL) analizan episodios de medidores de su red eléctrica y verifican en tiempo real excepciones o fallas en los componentes, para comunicar casi de manera inmediata a los consumidores y ayudarlos a administrar el consumo de energía.

- La comunidad de investigación biomédica y la Universidad del Estado de Nueva York (SUNY, por sus siglas en inglés) contribuyen en la progresión de la investigación, el diagnóstico, el tratamiento y quizás hasta la posible cura de la esclerosis múltiple.

## **INTERNET DE LAS COSAS: DOTANDO DE AUTONOMÍA A LOS OBJETOS**

Hasta hace muy poco tiempo, los únicos dispositivos conectados a internet eran las computadoras. Toda la información disponible en la red era generada por los seres humanos usuarios de esas computadoras. Recientemente, con el rápido crecimiento de los smartphones, el número de aparatos conectados creció de manera significativa. Pero en los próximos años veremos muchísimos más dispositivos conectados: cámaras digitales de monitoreo de video, medidores del estado del tránsito, smartTV, sensores climáticos, monitores de salud de *quantified self*, y cualquier otra cosa, desde una heladera hasta un inodoro.

Aumentar tanto el número de dispositivos en la red cambia su naturaleza: repentinamente la abrumadora mayoría de la información disponible es generada por cosas y no por personas. Los primeros sensores utilizados simplemente recopilaban datos. La segunda generación incorporó conectividad a la red y a otros sensores. El desafío actual pasa por construir la tercera, que pueda también hallar patrones y gatillar alertas y acciones en consecuencia. Combinando herramientas de *big data* con algoritmos de IA ya no necesitaremos ser nosotros los que interpretemos esos datos para obtener información y tomar decisiones. Comienza a ser posible darle cierto grado de

autonomía a los objetos.

El concepto “internet de las cosas” se refiere a la transformación que surge cuando los objetos y aparatos ganan en “autonomía” y “dialogan” entre sí. Pensemos un ejemplo: nos vamos a dormir y programamos nuestro despertador a las siete de la mañana, con tiempo para bañarnos y desayunar para llegar a una reunión a las ocho y media. Sin embargo, mientras estamos dormidos, llega un mail atrasando la reunión una hora. Nuestra computadora le avisa al despertador que podemos dormir un poco más, a la cafetera que retrase la preparación del café, al auto que demore el arranque del motor y a la caldera que caliente el agua para la ducha unos minutos más tarde. Pero a las cinco y media los sensores meteorológicos detectan el inicio de lluvia. Nuestra computadora queda en modo de alerta, revisando los sensores de tránsito para detectar si se están generando demoras anormales y decide despertarnos siete minutos antes de lo previsto, en el momento en que nuestra pulsera de monitoreo de sueño le informa que estamos en una fase de sueño liviano.

Si bien el “internet de las cosas” (o “internet de todo”, como algunos lo denominan) todavía parece lejano, cada vez más dispositivos se lanzan a este creciente mercado: Dropcam y sus cámaras de video, que almacenan todas las imágenes a nuestro alrededor en la nube; las estaciones meteorológicas NetAtmo, y los elegantes termostatos Nest capaces de manejar la climatización de nuestro hogar de manera inteligente y ahorrativa sin intervención humana, son algunos ejemplos.

El valor potencial de estas nuevas tecnologías fue puesto en evidencia con la compra de Nest por parte de Google en enero de 2014, por la impactante suma de 3.200 millones de dólares. El valor no proviene de la venta futura de termostatos, sino de la posibilidad de obtener datos extremadamente precisos de consumo de energía en tiempo real, produciendo grandes ahorros para las empresas generadoras y los usuarios.

## **PREPARÁNDONOS PARA EL FUTURO**

Como lo ilustra el ejemplo de los lavaderos de autos, no existe una sola actividad humana que no vaya a verse alterada por los cambios tecnológicos. El desafío de adaptación que enfrentaremos será enorme.

La parte final de este libro se enfocará en analizar el efecto de estas transformaciones sobre nuestras vidas. Primero discutiremos el impacto sobre el mundo de la educación y el trabajo. Luego, en el capítulo final analizaremos cómo prepararnos en el plano individual y el social para el mundo que viene.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP8](http://libro.bilinkis.com/cap8)

**PARTE 2**  
**PREPARÁNDONOS**  
**PARA EL FUTURO**



## CAPÍTULO 9

Reinventando

la

**EDUCACIÓN:**

NUEVOS

**contenidos,**

nuevas

**FORMAS**

## ESCUELAS DEL SIGLO XIX EN EL XXI

Hace tiempo encontré un video británico en internet, que contaba la historia de un hombre que se despierta en el mundo actual luego de haber estado dormido durante cien años. Sale a la calle y nota que todo ha cambiado mucho: hay edificios muy altos y transitan automóviles rarísimos a velocidades para él impensables. Ve algo así como un enorme pájaro de metal atravesando el cielo. Asustado, entra en un edificio de oficinas. Ve salir papeles impresos de máquinas, personas conversando con pequeños aparatitos en sus manos, algunos que hablan con “fotografías que se mueven” donde se ve la cara de personas al otro lado del mundo y otros que se aglutinan delante de unos “cuadros” llenos de números y letras. Huye espantado. Hace un nuevo tramo por la calle y decide ingresar a un hospital. Adentro, encuentra gente que se mantiene viva gracias a estar conectada a máquinas y aparatos que permiten ver en detalle el interior del cuerpo humano. Aterrado, corre hacia la calle e ingresa en otro edificio, donde funciona una escuela. De repente, siente un alivio enorme. Por fin, ve algo que le resulta completamente familiar. Tal como sucedía en la época en la que se quedó dormido, ve un grupo de alumnos sentados ordenadamente en bancos, anotando en cuadernos lo que dicta un profesor desde el frente o lo que escribe sobre un pizarrón. ¡Están memorizando los ríos de Europa, tal como hizo él! Acá, en la escuela, todo es igual a su centenario recuerdo.

La historia ilustra una realidad obvia para todos: el mundo cambió mucho, la escuela casi nada. Los chicos que cursan actualmente la primaria, todos nacidos ya en el siglo XXI, reciben una educación esencialmente igual a la que recibieron sus padres, abuelos y bisabuelos. La escuela no cambia, pero los alumnos sí. Esto da por resultado un cóctel explosivo.

La educación moderna, tal como la conocemos hoy, nació en el contexto de la Revolución Industrial, entre fines del siglo XVIII y principios del XIX, sobre las bases construidas por el teólogo, filósofo y pedagogo Comenius y los jesuitas en el siglo anterior. Su objetivo entonces era preparar a los jóvenes para convertirse en buenos empleados para las fábricas, formarlos con un pensamiento más o menos homogéneo que funcionara bien en el rutinario entorno laboral de la época.

El propósito actual de la educación sigue siendo preparar a los jóvenes para el contexto que encontrarán en su vida adulta. Pero, como ya hemos visto, estamos en un mundo que cambia a un ritmo sin precedentes. Por eso, la educación hoy necesita tener un carácter anticipatorio. Debiera cambiar antes de que el mundo lo haga, no con cien o doscientos años de atraso.

La educación es la principal herramienta con la que cuentan las sociedades para moldear el futuro. No soy un experto en el tema, pero mi apuesta con este capítulo es servir de disparador a la discusión sobre los caminos posibles para reformar el sistema actual, planeada y proactivamente.

Traer la educación al siglo XXI es uno de los proyectos más difíciles y prioritarios de este momento. Este capítulo esboza algunos de los temas centrales a resolver para hacerlo.

## **APRENDER EN LA ERA DE INTERNET**

Cuando ingresé en Singularity University hacía casi veinte años que no asistía a clases. Me enfrenté de golpe con una gran sorpresa: había perdido gran parte de mi capacidad de concentración. Primero pensé que sería producto de mi edad, 39 años en ese momento. Pero la mayoría de mis compañeros eran bastante más jóvenes que yo (entre 25 y 30 años) y se encontraban en la misma situación.

Las mejores mentes de nuestro tiempo estaban frente a nosotros dando charlas magistrales. Nada en el mundo me interesaba más que escucharlos. Sentado en la segunda o tercera fila, veía las pantallas de los dispositivos y notebooks de los compañeros sentados más adelante. Durante los primeros diez minutos, estábamos todos atentos a lo que decía el disertante. Al minuto once, comenzaba el “éxodo” atencional. En general empezaba con una digresión proveniente de la misma charla: por ejemplo, el docente mencionaba un libro y entrábamos en Amazon para buscar los detalles. Pero a partir de ese momento, ya perdido el foco en la presentación, la atención no se recuperaba y, casi sin darnos cuenta, terminábamos en Facebook, mirando el correo electrónico o en algún otro sitio. ¿Realmente habíamos perdido la “concentración”? ¿O se trataba de una nueva manera de estar en clase? ¿Era desatención o una nueva forma de atención? Durante los tres meses que duró el programa en la NASA viví una pelea constante contra mí mismo: por más que quería prestar atención plena, no lo lograba.

No es que dejáramos de escuchar a quien hablaba: no podíamos hacer SÓLO eso. La conferencia no era estímulo suficiente. Vivimos inmersos en un mundo que nos ofrece un nivel feroz de estimulación. Y nos hemos acostumbrado a ello, ya ni nos damos cuenta. Miramos TV mientras vemos qué se está diciendo en Twitter acerca de lo que estamos viendo y compartimos en Facebook o Whatsapp nuestras impresiones. Acostumbrados a la multitarea, estar sentados, pasivos, frente a una persona que nos habla, por más interesante que sea su exposición, no nos alcanza para mantener toda nuestra atención. Una observación interesante: a pesar del intensísimo ritmo al que estábamos sometidos, nadie se durmió en clase, no había caras de aburrimiento. Todo lo contrario. Ejercitábamos un modo distinto de estar presentes. Tuve la impresión de que el estímulo es adictivo y que lo necesitamos cada vez más.

Pensemos en esos días de nuestra infancia en los que teníamos el placer de faltar al colegio. ¿Qué alternativas teníamos en casa? Prácticamente, ninguna. Para mi generación, que se crió en los 70, en

Buenos Aires la televisión no existía hasta las nueve de la mañana, en que empezaba *Telescuola Técnica*, un programa en el que una voz en off explicaba, entre otras cosas, cómo armar un banco de carpintería. A su finalización, a las diez, venía una larga hora de señal de ajuste: la pantalla partida al medio; en la parte superior, la hora y el nombre de la emisora; en la parte inferior, rayas horizontales de diferentes tonos de gris. Recién a las once volvía a encenderse, con *Patolandia*, un programa infantil conducido por Rafael “Pato” Carret. Ese ratito de *Patolandia* era el único momento de dibujos animados que teníamos hasta las cinco de la tarde. La opción extratelevisiva era jugar, digamos, al balero o a los autitos. Por lo tanto, la experiencia el día que faltábamos no era demasiado diferente: sólo la brecha existente entre escuchar la voz de *Telescuola Técnica* o la de la maestra.

A los que integramos esa generación la llegada de la informática y luego de internet nos encontró sobre el final de la adolescencia y el comienzo de la adultez. Padecemos el desafío de lidiar con el siglo XXI usando un cerebro “cableado” en el siglo XX. Aprendimos a pensar concentrados, en silencio, en ausencia de otros estímulos. Pero para los que hoy son chicos, este mundo de hiperconexión es el único que conocieron, aquel en el que su cerebro se “cableó”. La multisensorialidad y la inmersividad que experimentan cuando juegan videojuegos fijan alta la vara de estimulación. Los maestros, en su mayor parte, enfrentan esa exigente audiencia sin siquiera incorporar imágenes o videos en sus clases, salvo de forma muy esporádica. Hablan, escriben alguna cosa en el pizarrón, reparten fotocopias con ejercicios para que los chicos completen.

Ted Selker, investigador en computación científica, observa que cuando leemos texto en la web, por causa de la proliferación de links, nuestro espectro de atención se reduce a apenas nueve segundos. Esta atención reducida plantea un desafío para la realización de tareas educativas que requieren de una actividad sostenida por períodos largos. Cual bebedores compulsivos, esa suerte de adicción a la novedad permanente hace que, apenas estamos un cierto plazo enfocados en una misma labor, nuestra mente empieza a pedirnos algo nuevo usando la herramienta más poderosa de la que dispone: la distracción. El tipo de dispersión que genera internet es perturbador y dificulta el trabajo actual en el aula. Con la caída del costo de los teléfonos inteligentes, este fenómeno, inicialmente exclusivo de las clases medias y altas, comienza a llegar a todos los estratos sociales.

¿Controlar mejor nuestro impulso de usar las adictivas herramientas hoy disponibles será la salida de este embrollo? ¿Habrá un camino hacia una nueva manera de enfocar nuestro pensamiento sin repudiar la tecnología? ¿O tendremos que aprender a vivir pensando de una nueva manera desenfocada aún desconocida, con la concentración como curiosa reliquia del pasado?

La brecha creciente entre la experiencia dentro y fuera del aula es una receta para el colapso: si no empezamos a trabajar en un cambio profundo, el sistema simplemente dejará de funcionar, será

imposible captar la atención de los chicos. ¿Qué relación habrá entre este fenómeno y los crecientes problemas de conducta de los que hablan padres y maestros?

Los videojuegos, por caso, agregan a la multisensorialidad y la inmersividad otros dos componentes poderosos. En primer lugar, la mayoría son competitivos. Sea que juguemos directamente contra otra persona o que comparemos nuestros puntajes, los videojuegos tienen un ganador, pero a la vez dan revancha. Veamos un ejemplo sencillo: un par de años atrás descubrí que uno de mis hijos sabía MUCHO de geografía. Y por mucho quiero decir que no sólo sabía las capitales de cada país o la bandera, incluso era capaz de reconocer a, digamos, Albania fuera del mapa por su forma. El responsable de tamaña enseñanza no era una notable profesora de Geografía. No. Era el GeoChallenge, un juego muy sencillo basado en Facebook, que hacía competir a los chicos en cuatro áreas. En la primera, el participante tenía que reconocer a qué país corresponde cada bandera. En la segunda, identificar un país por su forma. En la tercera, ubicar ciudades en un mapa sin división política. En la cuarta, asociar íconos (como la Torre Eiffel) con la ciudad a la que corresponden. Cada acierto sumaba puntos y, al finalizar una etapa, el programa comparaba el desempeño personal con el alcanzado por los amigos. La competencia es un motivador poderoso, normalmente excluido del aula.

En segundo lugar, los videojuegos incorporan desafíos de manera creciente, sin saltos que produzcan frustración y ajustados a la destreza adquirida por cada jugador. La diferencia con nuestras escuelas es abismal: basadas en el sistema francés, intentan que todos los chicos estudien lo mismo al mismo ritmo, aunque algunos aprendan rápido y se aburran y otros, más lentos, queden inexorablemente atrás. Los videojuegos, en cambio, desafían a cada uno siempre en el punto justo: si todavía no puedo pasar el nivel 3, tendré que seguir intentando. Si ya lo superé, a no relajarme que el 4 es un poco más exigente.

Si el sistema educativo no adopta herramientas que cautiven el interés y la atención de los alumnos, incorporar computadoras al aula no servirá de mucho. Menos aún si sus contenidos no pueden competir con los de “afuera”. Si los estímulos cognitivos y sensoriales que ofrecen los colegios no se enriquecen, la presencia de la computadora va a ser más una amenaza que una oportunidad. O, en todo caso, una oportunidad para que aprendan lo que no se les quiere enseñar. Seguramente no pasará mucho tiempo hasta que los chicos logren hackear sus máquinas para jugar o para entrar en Facebook sin que sus docentes se den cuenta.

Por este motivo, la clave es reformar la educación desde su base, traerla al siglo XXI. Sin embargo, las barreras para lograr este cambio son muy difíciles de franquear.

## **LAS GRANDES BARRERAS PARA LA EDUCACIÓN DEL FUTURO**

Si aún en la actualidad son pocas las voces que reclaman que la comunidad educativa comience a imaginar y a pensar los cambios que harán posible una educación a la altura de los desafíos de la era digital es porque las preguntas que debemos plantearnos desafían todo lo que hasta hoy han sido verdades incuestionables. Estas preguntas obligan a enfrentar situaciones en las que probablemente veamos caer todo el árbol de certezas que hasta el presente nos procuraban una vida cotidiana sin sobresaltos. La resistencia al cambio, mientras tanto, se hace fuerte a partir de cuatro grandes barreras:

- La brecha generacional entre docentes y alumnos. En la época en que las cosas cambiaban lentamente, la diferencia de edad y formación entre el alumno y el docente creaba la asimetría entre el profesor que sabe y el alumno que aprende, clave fundamental para el actual proceso educativo. Hasta hace poco, el hecho de que el profesor hubiese sido educado entre 30 y 40 años antes que el alumno no generaba mayores inconvenientes. Hoy, una persona que tiene 40 años creció y se formó en un mundo muy distinto del que habita el chico de 10. En muchos sentidos, el menor está más ajustado a su entorno y posee un saber-hacer que el maestro no tiene. Los efectos cognitivos de internet y la hiperconectividad reciente son profundos y variados, y generan en nuestro cerebro un “sistema operativo” diferente. Como resultado, un alumno y un docente hablan, hoy por hoy, dos “idiomas” distintos. Digamos que uno habla español y el otro, portugués. Si ambos se esfuerzan, pueden entenderse. Pero la brecha entre ambos se ahonda cada vez con mayor rapidez y abarca más conocimientos y experiencias. No estamos muy lejos de que uno hable español y el otro, chino. Por lo tanto, a menos que los docentes reciban un fuerte proceso de reentrenamiento que los familiarice con las herramientas tecnológicas más avanzadas y los efectos cognitivos explícitos e implícitos generados por su uso, la transmisión educativa está seriamente amenazada.

- Los propios padres. Por un lado, tienen con sus hijos la misma brecha generacional que los docentes y por lo tanto ambos comparten los mismos miedos básicos. Los padres, por ejemplo, tememos poner límites y que nuestros hijos nos dejen de querer o se revelen y no reconozcan nuestra autoridad. Para manejar los miedos, una estrategia frecuente hoy es la de hacerse “amigo-compinche” de los hijos, lo que genera una gran dificultad a los padres actuales a la hora de poner límites. La escuela tiene de por sí sus propios problemas para poner límites, sea en la forma de reprobaciones o sanciones. Pero cuando algún profesor o director osado lo hace, es habitual ver a los padres “compinches” protestando e increpando a las autoridades escolares, cual jugador que recibió una tarjeta roja. En el extremo, periódicamente aparecen en los diarios casos de padres que atacan físicamente a los docentes que reprueban a sus hijos, u otros que recurren a la justicia para intentar por ese medio revertir las sanciones por actos de indisciplina. Las instituciones educativas

involucran mucho más activamente a los padres de lo que era habitual apenas una generación atrás, a través de reuniones, actividades, clases abiertas, etc. Sin embargo, en general esto no se traduce en una acción coordinada entre ellos y los docentes. El desafío es reconstruir ese lugar de autoridad sin repetir los excesos autoritarios del pasado. Hasta tanto padres y educadores no se acompañen mutuamente en la tarea de dar señales claras a los chicos respecto de que romper las normas genera efectos, de que hay que saber aceptar las consecuencias de los propios actos y modificar conductas si es necesario, hasta tanto no se regenere un ambiente de interés y compromiso con el saber, será difícil recuperar una posición de autoridad sana que permita mantener un clima propicio para la enseñanza. En esto, la escuela necesita del apoyo de los padres. En muchos casos lo que recibe es exactamente lo contrario.

- La tercera barrera es de tipo sentimental y tiene que ver con el apego a lo conocido y la resistencia al cambio. Compartidos en mayor o menor medida por todos, en el caso de los docentes estos sentimientos hacen que muchos no quieran “aggiornarse”. La mayoría de los adultos (sea en rol de padres o de profesores), tiene la convicción subyacente de que es bueno dar a los chicos lo mismo que funcionó para ellos, y actúa en consecuencia. Pero a la vez cada generación de padres quiere ser mejor que la anterior. En el interior de esa ambivalencia, el esfuerzo se reduce a cambios cosméticos: limar aristas, hallar formas más benignas de hacer lo mismo. Cuando los padres eligen un colegio para su hijo, tienden a optar por uno similar al que ellos mismos asistieron. La diferencia estará en acompañar este proceso mejor que como lo hicieron sus padres en la generación anterior. Del mismo modo, el docente no concibe educar de manera distinta de como fue educado. Y así, disfrazada de acciones renovadoras sigue acechando la resistencia al cambio, fuerza conservadora feroz que domina la cabeza de la mayoría de nosotros. Un dato más: las autoridades que toman las decisiones en materia de educación suelen ser personas más grandes aún que los docentes de aula, lo que profundiza y fortalece tanto la brecha como la resistencia al cambio.

- El excesivo foco coyuntural de la política. Una transformación profunda de la educación requiere de un esfuerzo concertado y sostenido de, al menos, veinte años. Lograrlo no es fácil: ya sabemos que todo proceso de reforma genera descontentos, enfrentamientos y fricciones. Además, mientras que los beneficios tardan en llegar, los costos y las dificultades que plantea todo cambio se sufren de inmediato. No existiendo voluntades concertadas, ¿qué político o funcionario acepta pagar las cuentas de un cambio que terminará beneficiando a quien gobierne tres o cuatro mandatos después? Adicionalmente, el alto grado de sindicalización docente agita en el horizonte la situación más temida: el paro escolar, que no sólo afecta de modo parcial la formación de los chicos sino, más contundentemente, la posibilidad de los padres de dejarlos en la escuela para ir a trabajar. Pocas cosas pueden tener un efecto más demoledor sobre la popularidad de un gobernante. Por eso, evitar

cualquier posible paro es la prioridad uno, dos y tres de cualquier funcionario a cargo de un sistema educativo. Si el costo es no “mover el avispero”, así se hará. En el proceso de reforma, es muy posible que muchos docentes estén descontentos y las fricciones sean grandes.

## **¿ES NECESARIA LA EDUCACIÓN FORMAL?**

En 1999 el profesor indio de tecnología Sugata Mitra realizó un experimento impactante. En una casa ubicada en un barrio muy carenciado de Nueva Delhi colocó una computadora conectada a internet. Ubicó el monitor detrás del vidrio de una ventana, a la vista de todos. Afuera, al alcance de quien quisiera usarlos, dejó un teclado básico y un mouse. La mayoría de los habitantes de la zona jamás habían usado una computadora ni accedido a internet. Muchos de ellos ni siquiera hablaban inglés. Sugata no dejó instrucción alguna. Cerró la casa y regresó dos meses después. Se encontró con que una gran cantidad de los chicos manejaban el teclado y el mouse, habían aprendido las palabras que necesitaban en inglés y navegaban en internet con naturalidad. Mitra designó a este nuevo método “Educación Mínimamente Invasiva”. Después de esta ocasión, el experimento fue repetido varias veces más con resultados similares.

Cuando el conocimiento se agrupaba en libros imposibles de acceder a la distancia y los libros en bibliotecas, todos los que querían estudiar sobre un mismo tema debían confluír en un mismo lugar físico, fueran conventos, escuelas o universidades. Así se fue originando la educación formal, caracterizada por ser impartida de manera sistemática, por docentes entrenados y de manera presencial en el marco de una institución educativa. Sin embargo, la llegada de internet cambió la lógica de distribución y acceso al contenido académico poniendo un signo de pregunta a cada uno de los componentes de este tipo de educación. En la actualidad, existe mucho material de altísima calidad disponible en la red y es posible tomar excelentes cursos en las mejores universidades del mundo como Harvard, Stanford, Berkeley o MIT sin salir de la propia casa, a través de sitios como Coursera o Khan Academy. Es cierto que existe una predominancia del inglés y que todavía hay pocos videos subtítulados, pero la disponibilidad en otros idiomas es sólo una cuestión de tiempo.

Rápido, ¿cuál era el nombre de tu profesora de Geografía de segundo año del secundario? Probablemente te cueste recordarlo. Si en cambio te pregunto cuál era el nombre de ese famoso oceanógrafo francés que hacía fascinantes documentales, probablemente cualquier mayor de 30 años recuerde enseguida a Jacques Cousteau. ¿Por qué aprender geografía solamente con el profesor Fulano si podés aprenderla también de Cousteau o de tantos otros geógrafos brillantes que están en este mismo momento explorando el mundo? El rol del profesor tendría que ser similar al de un curador: más que transmitir todos los conocimientos de manera directa, debería articular diferentes

fuentes para lograr la mayor efectividad del aprendizaje.

Para aumentar el problema, Salman Khan, creador del sitio de educación online Khan Academy, plantea que la escuela hace las cosas al revés. Usa el tiempo presencial para dictar clase y dar información que el estudiante bien podría recibir en su casa. Luego da tarea para el domicilio, cuando en realidad la ejercitación es el momento clave en que el rol de “mentor” del docente ante un problema es irremplazable. El método revolucionario de Khan propone invertir la ecuación: cada uno estudia viendo videos en su casa, lo que permite que cada niño trabaje al ritmo que necesita y le es propio, para luego reunirse con los docentes y compañeros de clase y ejercitar juntos.

Existe, de todos modos, un aspecto del proceso educativo que es mucho más difícil de reemplazar de manera virtual: el componente social de estar con otros, intercambiar ideas, establecer relaciones con pares y vínculos transferenciales con los docentes. Representa el primer paso exogámico de enfrentarse al mundo fuera del hogar. En mi opinión, aparte del beneficio para los padres de dejar a sus hijos en un lugar apropiado y seguro mientras ellos trabajan, ésa es al día de hoy la principal razón para seguir enviando a los niños a la escuela o para ir a la universidad.

Ahora, ¿cuántas de las funciones sociabilizadoras de la escuela se cumplen si la mayor parte del tiempo el docente habla mientras los alumnos, en “completo silencio” se esfuerzan por reprimir todos los sentidos salvo la vista y el oído, no distraerse y prestar atención? Más aún, si el profesor presenta temas que estudió hace años y en los que no necesariamente es una figura destacada y algunos de los cuales ni siquiera le interesan demasiado. Dotados del marco y la motivación adecuados, los docentes pueden resultar una fuente extraordinaria de inspiración y estímulo para los alumnos. Es imprescindible recuperar ese lugar para quienes enseñan.

No existe ningún reemplazo real a la escuela capaz de llegar a un país completo, ningún mecanismo alternativo que permita potencialmente reducir la desigualdad. La escuela es irremplazable como herramienta para promover la igualdad y la inclusión social de las personas menos favorecidas. Brinda además a todos los habitantes de un país una base de conocimiento común que se convierte en un rasgo central de su identidad. Por eso, la meta debe ser mejorar las escuelas, no eliminarlas. Experiencias como las de Sugata Mitra y Salman Khan no implican que no haya lugar para la educación formal presencial, sí subrayan cuán profundamente deben cambiar sus contenidos y métodos.

## **ALA BÚSQUEDA DE NUEVAS FORMAS**

¿Qué es lo que va a funcionar? Es difícil saberlo. Estamos comenzando un experimento sociológico desafiante y riesgoso, pero inevitable. Me gusta pensar en un aula sin carpetas ni

cuadernos, que incorpore en el centro de la experiencia educativa la multisensorialidad, la inmersividad e incluso la competencia presente en los videojuegos. Un aula que haga lugar a las diferencias individuales y se ocupe de ofrecer desafíos constantes pero posibles para cada alumno. Un aula donde el maestro no sea sólo el depositario de un supuesto saber que adquirió leyendo libros sino un articulador que acerca a los estudiantes materiales y actividades valiosos. Un aula donde enseñe Carl Sagan, Cousteau y los mejores docentes de las mejores escuelas y universidades, donde se aproveche al máximo el estar todos en un mismo espacio físico para promover el intercambio de ideas, realizar experimentos y experiencias vivenciales y experimentar la construcción colectiva. En el mundo de los negocios es conocida la expresión: “Lo importante no es saber, sino saber quién sabe”. Nunca más cierto que en este contexto. Creo que la reflexión vale para la escuela, donde la función futura del docente debiera ser alentar la curiosidad de los alumnos, enseñarles a buscar dónde encontrar respuestas o nuevos interrogantes y a tener criterios para discriminar la información buena de la “chatarra”. Estoy seguro de que muchos docentes, cansados del lugar que les brinda el sistema educativo actual, abrazarían gustosos ese nuevo rol tanto más creativo.

Una de las claves para el diseño de estas nuevas formas de educar es incorporar los avances de la neurociencia en lo que respecta a las maneras en las que nuestro cerebro aprende. Cada nuevo aprendizaje implica cambios neuronales y nuevas conexiones sinápticas. Las investigaciones más recientes están empezando a indagar en el tipo de cambios cerebrales que se corresponden a los distintos aprendizajes. Esto dio lugar a un nuevo campo llamado neuroeducación, que aspira a usar todo el bagaje de conocimiento de la neurociencia para mejorar las técnicas de enseñanza. El foco inicial se ha colocado en comprender mejor los trastornos del aprendizaje, como la dislexia, las dificultades en el cálculo o los desórdenes de la atención.

La conexión entre ambos campos, como la mayoría de las experiencias que apuntan a cruzar disciplinas, ha resultado ardua hasta ahora, con impulsores y detractores en ambos grupos. Esto se acentúa cuando los hallazgos cuestionan aspectos del proceso educativo difíciles de cambiar. Un buen ejemplo: estudios de neurociencia dan soporte a algo que sabe toda persona que fue adolescente. En esa etapa de la vida, por temas madurativos cerebrales, la mayoría de los adolescentes son noctámbulos: necesitan acostarse más tarde y dormir mucho. Experimentos muestran que si el secundario empezara un par de horas más tarde, el rendimiento aumentaría de manera notable. ¿Pero quién se anima a proponer semejante cambio, capaz de interferir con las rutinas hogareñas y laborales de los adultos?

Las próximas secciones abordan algunas modificaciones y nuevas formas que sería bueno experimentar en este proceso de reinención.

## APRENDER JUGANDO

El juego es una parte central de la educación muy temprana. Sin embargo, rápidamente va quedando en el pasado a medida de que los niños avanzan en la escolaridad y se les pide más y más que memoricen conceptos, fórmulas y reglas. Posiblemente parte de la experiencia educativa futura incluya recuperar el valor del juego utilizando videojuegos. Pero para que el videojuego forme parte de la educación deberemos vencer primero un fuerte prejuicio: muchos padres actuales que ven a su hijo con los “jueguitos” sienten que el chico está perdiendo el tiempo. ¿Será tan así?

Malcolm Gladwell, en su libro *Outliers*, afirma que si se investigan a lo largo de la historia las infancias de personas que luego se destacaron en algún ámbito, es fácil comprobar que la mayoría dedicó mucho tiempo a un tema cuando era pequeño. Según este autor, existiría un número mágico de horas de trabajo en un cierto campo a partir del cual estaría asegurado el éxito futuro en el mismo. El número que propone es 10.000 horas y proporciona algunos ejemplos conocidos: entre 1960 y 1964, mientras peleaban por darse a conocer, los Beatles dieron aproximadamente 10.000 horas de conciertos en Hamburgo, ciudad en la que perfeccionaron sus habilidades musicales y realizaron su primera grabación concitando la atención de Brian Epstein. Poco después, revolucionaron la música. Bill Gates consiguió a los 13 años que un colegio secundario le prestara una computadora. En pocos años había acumulado 10.000 horas de programación y comenzado a revolucionar el mundo de la informática. Más allá de que esta hipótesis haya sido comprobada o no, la observación merece ser tomada en cuenta. Y hasta sostenida gracias a nuestra propia experiencia: todos conocemos a alguna madre de un hijo destacado que se ufana de que “desde chiquito amontonaba todo lo que tenía a mano tratando de hacer pilas cada vez más altas que no se cayeran” o “no había manera de despegarlo de ese piano” o “parecía que hubiese nacido con la pelota pegada a la punta del zapato”. Son muchos los casos de personas que logran desarrollar habilidades por el solo hecho de dedicarles mucho tiempo a una edad temprana. Lo curioso es que, en general, se trata de actividades que los niños realizan fuera de la escuela.

Los chicos completan unas 15.000 horas de educación formal entre primaria y secundaria. Muchos de ellos son fanáticos de los videojuegos y, para cuando cumplen 21 años, llevan acumuladas esas mágicas 10.000 horas jugando. Si Gladwell está en lo cierto, esos jóvenes se están educando en alguna capacidad, aunque por ahora no sepamos a ciencia cierta cuál es. ¿Habrá llegado el momento de frenar los enojos, dejar de gritarles y de obligarlos a que “dejen el aparatito” para jugar en cambio con los Playmobil o la Barbie? ¿Llegó la hora de preguntarnos qué podrán lograr estos chicos gracias a haber invertido 10.000 horas jugando apasionadamente? ¿Tendrán alguna aptitud violenta o agresiva, considerando que la mayoría de los juegos de estas características lo son? ¿O

serán, por el contrario, tranquilos y pacifistas?

El uso de videojuegos con el propósito específico de educar tiene ya algunos pioneros. Dragonbox Algebra es un software desarrollado por un profesor de matemática y un científico cognitivo que funciona tanto en teléfonos celulares y tabletas como en computadoras. El juego transmite los conceptos fundamentales del álgebra comenzando por dibujos y reemplazándolos de manera gradual por símbolos abstractos como “x”, números y paréntesis. Después de algunas horas de jugar, los chicos están despejando ecuaciones complejas casi sin haberlo notado. Los mismos creadores de Dragonbox Algebra desarrollaron Elements, un juego que, a través de más de 100 rompecabezas y acertijos, transmite los conceptos de la geometría euclidiana. La resolución de esos problemas se logra a través de aprender y de utilizar las propiedades de las figuras para, implícitamente, demostrar los teoremas y pruebas matemáticas que definen la geometría. En América Latina, el Laboratorio de Neurociencia Integrativa liderado por el físico Mariano Sigman en la Universidad de Buenos Aires desarrolló un portal de juegos llamado MateMarote que apunta a construir las habilidades de base para el pensamiento: la memoria, la planificación, el control y la aritmética.

La diseñadora de juegos Jane McGonigal nos trae un gran ejemplo de aprendizaje de otro tipo de habilidades a través de los videojuegos. En 2007 creó *Un mundo sin petróleo*, que parte de la premisa de que al mundo le quedan reservas de hidrocarburos suficientes para veinte años y plantea la necesidad de que los jugadores encuentren diversas soluciones que permitan que la vida siga normalmente. El juego implica que los niños produzcan ideas originales, tomen decisiones y experimenten la necesidad de participar en la solución de los problemas globales que afectan a la humanidad. Otros juegos de McGonigal trabajan sobre temáticas como el combate contra la pobreza y el hambre. Los chicos, mientras juegan, están aprendiendo y produciendo ideas para salvar el mundo. Muchos de ellos, los más adictos, probablemente hayan llegado a los 21 años con la experiencia suficiente como para lidiar con un mundo en esas condiciones y resolver los problemas que se vienen.

## **GENERAR PREGUNTAS, NO DAR RESPUESTAS**

El primer pecado de la educación actual, tanto en la familia como en la escuela, es suponer que hay respuestas y explicaciones para todo y que es bueno darlas aun cuando nadie las haya pedido. Es fundamental comenzar por estimular la curiosidad y el interés.

Muchos adultos sentimos, ya de grandes, no haber aprovechado el tiempo durante nuestra educación. Un caso clásico: gente que de chica odiaba geografía pero que hoy ama viajar. Por lo tanto, aquellas tortuosas clases donde se estudiaban los ríos de Europa y se explicaban las

características del Támesis o el Sena, son ahora añoradas ante la perspectiva de un viaje a Londres o a París. “¿Por qué no me interesaba en ese momento?”, nos preguntamos. Porque cuando la profesora escribía “Ríos de Europa” en el pizarrón, tantos años atrás, todo ese palabrerío no significaba nada para nosotros: no nos evocaba imágenes, no nos estimulaba deseos, no nos despertaba emociones. Era la respuesta a una pregunta que aún no nos habíamos formulado. Peor que eso: nuestros mayores intereses eran ser aceptados por otras chicas o chicos, ponernos de novios, jugar a la pelota, a las muñecas o ver tele. La misma persona, pasados los 30, siente cosas muy diferentes ante el mismo contenido, cuando algunas cosas enterradas en la memoria se despiertan y tomamos conciencia de que estamos precisamente en ese lugar de nombre enigmático que era solo un estúpido punto en un mapa y disfrutamos mucho más de estar allí. Y si nos vienen a la memoria batallas entre pueblos desaparecidos hace milenios, más aún. Entonces pensamos que si hubiéramos prestado atención durante el secundario, hoy disfrutaríamos más la vida adulta. ¿Qué hacer, entonces? ¿Se pospone la educación hasta la madurez? Además, no olvidemos que otra de las necesidades que la escuela cubre y prioriza es la de que los padres tengan un lugar seguro donde dejar a sus hijos.

Siguiendo con el ejemplo de los ríos de Europa, recordemos que hace apenas veinte años, si alguien nos preguntaba qué río atravesaba la ciudad de Belgrado y no sabíamos la respuesta, obtenerla era muy complicado. Si teníamos la suerte de tener una enciclopedia en casa, al llegar a la noche podíamos tomarla de un estante y buscar el dato. Si no, era aún más complejo: requería ir hasta una biblioteca, y allí una persona buscaba en un fichero el lugar en que estaba guardado el libro con la respuesta. Claramente tenía sentido llevar en nuestra memoria tanta información como fuera posible, por la pequeña posibilidad de que algún día la necesitáramos.

Hoy estamos en una época en que todo lo que es puramente informativo se puede obtener en segundos en Wikipedia o en Google. Por lo tanto, no vale la pena memorizar datos, como la longitud total y el caudal de agua del Amazonas. El docente puede enfocarse sólo en transmitir que es largo y caudaloso y favorecer que cada alumno vaya enriqueciendo su propio concepto de “Amazonas”. En mi caso particular, ya adulto, la palabra “Amazonas” me despierta infinidad de imágenes y emociones. No sé si son fidedignas, pero las tengo: pienso en pueblos originarios que viven en las mismas condiciones que hace 500 años, en una jungla copiosa por la que pasan cocodrilos; visualizo un mapa aproximado que me muestra dónde nace, por dónde corre y dónde desemboca, y recuerdo historias que me contó un amigo que lo navegó en balsas de tronco. Para todo eso, no necesito saber cuánto mide el río. Sin embargo, todas esas evocaciones son clave para el día en que necesite hacer algo sobre ríos, comprender la importancia del agua en la vida del ser humano o apoyar la causa de una ONG que se ocupa de combatir el desmonte. Hablemos del Amazonas en el aula, entonces, pero no para memorizar los datos que luego nos da Wikipedia. Planeemos las dos dimensiones: la

informativa y la sensorial/emotiva. Para la primera, sólo dediquemos esfuerzos a recabarla con las herramientas de búsqueda que se usen en cada época. Pero pongamos el esfuerzo en transmitir la segunda. Mi “Amazonas” se construyó mucho después de que terminara el secundario, con documentales y relatos de amigos. Sería muy importante que la escuela pudiese trabajar antes en esa construcción.

Para eso hay que perder el miedo al contenido audiovisual. Las imágenes son esenciales para motivar y evocar. Incluso no hace falta que sean directas: basta con que abran puertitas en la cabeza para que la palabra llegue desde otro lugar. El pizarrón ya no sirve. El uso de imágenes también tiene que estar pensado. Es muy común que en las presentaciones de negocios, ya en el mundo de los adultos, se utilicen imágenes. Pero la realidad es que muchos no entienden el valor agregado de lo audiovisual y se limitan a armar un PowerPoint con textos que luego leen en voz alta. Como si compartieran un “ayuda memoria” con su audiencia. Eso no tiene ninguna utilidad. La búsqueda de las imágenes adecuadas para ayudar a fijar conocimientos es una tarea en sí misma.

Una de las claves de este cambio es eliminar la idea del error como fracaso y sinónimo de mala nota para volverlo una parte normal del proceso de búsqueda y construcción. La experiencia realizada por Sugata Mitra en una escuela pública ubicada en Villa Tranquila (Avellaneda), un barrio humilde del Gran Buenos Aires, durante su visita a Argentina en 2013, muestra que la transición hacia una educación apoyada en la curiosidad y las preguntas no es sencilla, ni para los docentes ni para los alumnos. El cambio será necesariamente gradual y lento. Los alumnos, acostumbrados a ser penalizados por sus errores, responden con cautela y desconcierto cuando se los convoca a jugar un rol diferente.

Una aclaración final: el desafío no es lograr que todo sea “divertido”. Parte del fruto del proceso educativo es adquirir la capacidad de esforzarse en pos de una recompensa que no necesariamente es inmediata. Pero el trayecto para hacerlo no debe ser brindar las respuestas sino generar las preguntas. Exponer al estudiante a los estímulos que despierten la inquietud y promuevan la búsqueda del conocimiento como un terreno plagado de enigmas que toma tiempo y método explorar.

## **GENERAR CREADORES, NO CONSUMIDORES**

En la charla TED más vista de todos los tiempos, el educador británico Ken Robinson asegura que la escuela, en el proceso de promover el conocimiento académico, mata la creatividad.

Picasso decía: “Todos los niños nacen artistas, pero van perdiendo esa capacidad conforme crecen”. Robinson sostiene que es en gran medida en la escuela donde se pierde esa capacidad y que, en materia educativa, la creatividad es tan importante como la alfabetización. También narra este

diálogo entre una nena de seis años y su maestra durante una clase de dibujo:

Maestra: ¿Qué estás dibujando?

Nena: La cara de Dios.

Maestra: ¡Pero si nadie sabe cómo es!

Nena: Lo vas a saber en un minuto.

Este ejemplo demuestra cómo los chicos arriesgan, se tiran el lance, no tienen miedo de equivocarse ni de quedar en ridículo. Si bien Robinson explica que “equivocarse” no es sinónimo de “ser creativo”, aclara que quien no esté dispuesto al error, nunca va a crear nada original. Ese miedo a la equivocación se hace más notorio a medida que crecemos. Y el sistema educativo lo fortalece: los exámenes suelen premiar a los que reproducen de manera exacta una respuesta predefinida, no a los que generan algo ingenioso. La estructura “por materia” que predomina en las escuelas también debilita la creatividad, que nace del cruce de disciplinas.

Además, Robinson opina que la educación se centra, en los primeros años, en el cuerpo de la cintura para arriba, y luego sólo del cuello para arriba, como si el cuerpo fuera sólo un medio de transporte para la cabeza. Por ejemplo, el sistema educativo destina muy poco espacio al arte. Tal vez algo de música o un poco de pintura, pero nunca danza. ¿Por qué todos los días se adquieren contenidos de matemática o de lengua, pero nunca se baila?

El propio Robinson trae la historia de una chica, en la década del 30, con enormes problemas de conducta en el colegio. Su madre decide llevarla a un médico especialista. Luego de un rato, el doctor le dice a la niña que necesita hablar a solas con la madre. Salen ambos adultos del consultorio, dejándola sola adentro. “Espíemos lo que hace ahora”, propuso el profesional apenas traspasaron y cerraron la puerta. Por el ojo de la cerradura vieron que la niña no tardó ni un segundo en poner su cuerpo en movimiento. “Su hija no está enferma, su hija es bailarina”, fue el diagnóstico. “Envíela a una escuela de danzas”, agregó el médico. En ese lugar se encontró con otros niños que necesitaban moverse para poder pensar. La alumna rebelde era Gillian Lynne, una de las coreógrafas más famosas de la historia. Probablemente, si su madre hubiera acudido a otro médico, ella sería un adulto más que fue medicado de chico para que esté “más tranquilo”. Mucha gente es buena para cosas que el colegio no considera prioritarias. Los que tengan talento para el arte es probable que se frustren, obligados todo el día a hacer otras cosas.

Todo esto cobra especial importancia en un contexto en el que, como discutiremos en el próximo capítulo, las tareas repetitivas y la memoria van siendo reemplazadas por máquinas y necesitamos más que nunca aprovechar la capacidad creativa de los seres humanos, la principal habilidad que las computadoras aún no consiguen emular. Incorporar la dimensión creativa, educar también del cuello

para abajo, es otro de los grandes desafíos del sistema educativo del siglo XXI.

## **GENERAR “ARTICULADORES”, NO REPETIDORES**

Desde siempre, la manera más usada por las escuelas para evaluar a los alumnos se basó en hacerles una serie de preguntas que admiten una única respuesta correcta utilizando básicamente la memoria. Sólo unos pocos profesores (usualmente los mejores) se atrevían a tomar pruebas “a libro abierto”. Por esta razón, el principal enemigo de los docentes durante un examen siempre fue la copia. Ya sea usando un “machete” o preguntándole a un compañero, la copia permitía contestar sin haber memorizado la respuesta. La prueba a libro cerrado es un sistema malo de por sí, generando que los datos se almacenen temporariamente pero todo se olvide en los días posteriores al examen. Más importante aún, como mencionábamos unos párrafos atrás, hoy ya no tiene sentido memorizar información que puede encontrarse en cualquier lado, mucho menos evaluar a los estudiantes por su habilidad para hacerlo.

La enorme abundancia de información y el carácter digital de los contenidos disponibles en internet, además, hace sumamente fácil “copiar y pegar” lo escrito por otro sin esfuerzo alguno. Y los dispositivos tecnológicos inalámbricos generan infinitas nuevas posibilidades para “machetearse”. Para lidiar con este nuevo contexto, las instituciones educativas y los docentes vienen tomando medidas francamente descabelladas. Por ejemplo, muchos docentes están incorporando el uso de softwares que detectan el material copiado, algunas escuelas incorporan cámaras de monitoreo en las aulas y otras hasta prohíben comer chicle para que los chicos no puedan disimular que hablan por celular con alguien fuera del aula.

Hace un tiempo, en mi blog Riesgo y Recompensa, lancé una propuesta que invierte por completo esta ecuación: ¡hagamos la copia obligatoria! La habilidad necesaria para el mundo que viene no es más recordar de memoria datos de un tema en particular. La clave ahora pasa por saber:

- 1) encontrar la información relevante sobre ese tema;
- 2) validar la credibilidad de las fuentes; y
- 3) ser capaz de organizar información de múltiples fuentes de manera coherente.

Por eso, mi propuesta en ese artículo era cambiar por completo la manera de evaluar y basar los exámenes en tres reglas simples:

- 1) En la respuesta a una pregunta debe usarse material de terceros de al menos tres fuentes

distintas.

2) Todo material escrito por otro debe ser acompañado de la referencia a la fuente correspondiente.

3) El resultado de unir el material propio y el de terceros debe ser una exposición bien estructurada, coherentemente construida, sin duplicaciones, redundancias ni fragmentos extemporáneos.

En vez de promover la habilidad de memorizar a corto plazo, este modo de evaluar premia a los buenos “articuladores”, los que pueden crear material original sólidamente armado incorporando ideas y trabajo de terceros. Cualquier estudiante que puede hacer de manera efectiva lo que estas tres reglas proponen está, a mi juicio, mucho mejor preparado para vivir en este mundo que alguien que puede repetir de memoria todos los ríos de Europa.

## **APRENDER A PROGRAMAR ES APRENDER A PENSAR**

El comienzo de mi adolescencia coincidió con la popularización de las primeras computadoras personales. Ya fuera una Sinclair ZX80, una Texas TI99/4A o una Commodore 64, montones de jóvenes accedimos a experimentar con este tipo de máquinas. Lo interesante es que, cuando te sentabas a usar una y la encendías, lo único que te recibía era un cuadradito parpadeante: el cursor. Si no sabías decirle a la computadora en SU idioma qué es lo que querías que hiciera, no pasaba absolutamente nada. Felizmente los lenguajes de programación más simples, como el BASIC, eran accesibles para cualquier chico inquieto y autodidacta. Pero sin aprender a programar, una Texas tenía menos utilidad que un florero.

Aparte del estímulo que esto generaba para aprender, había un extra. La mayoría de los videojuegos eran tan rudimentarios que la calidad de juegos que podía programar cualquiera con algo de destreza no era demasiado diferente. Eso hizo que muchos de nosotros, por nuestra cuenta, aprendiéramos a programar y usáramos las computadoras como productores, no como meros consumidores de contenido. Hasta que llegó Windows...

Pese a que después nunca más volví a programar, haber aprendido a hacerlo fue, posiblemente, la cosa más útil de mi vida. Nunca volví a escribir una sola línea de código, pero los aprendizajes que hice en ese proceso volvieron a servirme una y otra vez en cualquier campo de acción.

Steve Jobs solía decir que todos deberían aprender a programar, porque enseñaba a pensar. Y es cierto: aporta habilidades como la capacidad de abstracción y modelización, de dividir un problema grande en varios más pequeños, de construir soluciones genéricas que abarquen varios problemas

similares... Potencia las capacidades analíticas y fortalece la lógica. No obstante, las clases de informática de la mayoría de las escuelas apuntan a formar usuarios, a manejar el procesador de textos y la planilla de cálculo, a enseñar cómo marcar un texto en negrita. Por eso, en pleno auge de las computadoras, absurdamente las clases de computación en las escuelas resultan aburridas para la mayoría de los estudiantes.

A mediados de 2013 me invitaron a presentar mi conferencia “El futuro del futuro” en una escuela secundaria de fuerte orientación técnica. Para mi sorpresa, el objetivo de quien me invitaba era presentar a la tecnología como una disciplina interesante y ayudar a combatir el prejuicio de la gran mayoría de los estudiantes respecto de que es sólo para “nerds”, y así promover que más alumnos eligieran la orientación informática. ¡Mi sorpresa fue enorme! Si bien durante mi adolescencia ese prejuicio era fuerte, pensé que después de 30 años de ver a nerds como Bill Gates, Steve Wozniak, Steve Jobs, Mark Zuckerberg, Larry Page y Sergei Brin, convertirse en algunas de las figuras más destacadas del mundo, ser nerd se habría vuelto la aspiración de buena parte de los adolescentes. La estigmatización, sin embargo, casi no ha cambiado.

Como veremos en el capítulo siguiente, los estudiantes siguen eligiendo masivamente profesiones para las que se recibe gente de más, mientras que aquellas que el mundo más necesita, como las diversas ramas de la ingeniería e informática, siguen graduando mucha menos gente que la necesaria.

Estas realidades tienen que cambiar. Programar es una actividad creativa. Bien enseñada, la informática debería ser una de las materias más interesantes del currículo, que dote de herramientas de gran utilidad a quienes deseen estudiar otras cosas pero a la vez genere que mucha más gente elija dedicarse a ella.

Hay varias iniciativas recientes que empiezan a señalar un posible cambio. Por ejemplo, la campaña lanzada por [code.org](http://code.org), involucrando a grandes personalidades, está impulsando la incorporación de la programación en todas las escuelas. Incluso Barack Obama prestó su colaboración para difundir esta idea. Y algunos países se posicionan a la vanguardia de este cambio: Estados Unidos está entrenando 10.000 docentes para que puedan enseñar informática de esta nueva manera a partir de 2016. Y Estonia se convirtió en una nación pionera: ya capacita en este ámbito a todos los niños desde el primer grado.

## **DESARROLLAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO**

De todas las falencias del sistema educativo actual, quizá la más grave en mi opinión sea no desarrollar activamente el pensamiento crítico. Me resulta difícil entender cómo es posible que ése no se considere el objetivo principal explícito de la escuela.

Tener creencias es esencial. No es posible verificar la validez de cada dato cada vez que lo usamos. Pero desarrollar la capacidad de elegir inteligentemente qué creer y qué no, es tan imprescindible como creer. Una superstición, por ejemplo, es la creencia en un fenómeno sobrenatural: considerar que un evento puede estar causado por otro, sin un mecanismo físico que los vincule. Si creer en las cosas “correctas” es importante, sería esperable que las supersticiones fueran una rareza. Sin embargo, en otra encuesta que realizamos con Gerry Garbulsky a más de 1.000 personas para nuestra columna de radio, tres cuartos de los encuestados cree en cosas como no pasar la sal de mano en mano, tocar madera para evitar que algo malo les suceda o usar amuletos o cábalas para tener buena suerte.

En un mundo donde el pensamiento mágico abunda, debería ser una misión primordial de la escuela formar personas capaces de evaluar críticamente y en base a evidencias aquello que sostienen como verdadero. En aquella columna expresé mi opinión: debiera ser responsabilidad de la escuela que los chicos no creyeran, por ejemplo, en horóscopos. Obviamente era una afirmación polémica, dado que muchos adultos, incluidos muchos educadores y hasta presidentes, creen en la astrología. Sin embargo, nadie debería aceptar el efecto de los signos del zodiaco sobre la personalidad sin formularse preguntas como:

- ¿A través de qué mecanismos afecta la posición de los astros en el cielo la personalidad de un bebé recién nacido?
- Si el cerebro se conforma a lo largo de todo el proceso de gestación (y después de nacer más aún), ¿por qué es sólo la posición en el momento exacto del nacimiento la que importa?
- Si la ubicación de las estrellas el 21 de junio (Géminis) es más parecida a la del 22 de ese mes (Cáncer) que a la de 26 de mayo (Géminis), ¿por qué las personas del 21 y 22 son muy distintas pero las del 21 y 26 del mes previo resultan similares?
- Si un bebé nace a las 00:01 del 22 de junio en lugar de dos minutos antes, ¿de qué manera su cerebro se “recablea” instantáneamente para adaptarse al cambio de signo?
- ¿Quién escribe el horóscopo en el diario que leo? ¿Cómo tiene acceso a la información sobre qué me va a pasar a mí el próximo mes?

Estoy seguro de que la mayoría de las personas que creen en la astrología no se formularon jamás esas preguntas. La razón fundamental es que en ningún momento se nos enseña la diferencia entre el pensamiento mágico y el crítico, ni los errores de razonamiento que conducen a extraer conclusiones equivocadas. Un buen ejemplo de este tipo de problemas es la valoración de la evidencia individual: “Yo tengo un amigo que tenía ‘culebrilla’, fue a una curandera, le pintaron una estrella con tinta china en el brazo y se curó” no es suficiente para concluir que ese tratamiento es efectivo. Además de

replicarse el tratamiento un número “n” de veces con el mismo resultado, sería necesario también tener un grupo de control que permitiera saber cómo habría sido la evolución del cuadro clínico si ese tratamiento no se hubiera aplicado. Eso, en esencia, es el método científico, e igual que la programación es fundamental para cualquier cosa que uno haga en la vida, más allá de que jamás se dedique a la ciencia.

Otro ejemplo común de cómo construimos creencias falaces es la memoria selectiva, muy habitual en las premoniciones: si por un momento se nos pasa por la cabeza que alguien querido va a sufrir un accidente y luego nada sucede, lo más probable es que lo olvidemos. Eso debe pasar decenas de veces. Basta que una vez lo pensemos y suceda para que creamos que nuestro pensamiento tuvo carácter anticipatorio o, peor aun, que pudo causar el incidente. Es el mismo fenómeno detrás del famoso “el carril de al lado va siempre más rápido” en la autopista: cuando nos toca estar detenidos mientras otros avanzan nos invade la ira; cuando nos toca ser los únicos que se mueven en general ni siquiera lo notamos.

Un adulto sin pensamiento crítico es mucho más fácil de ser engañado y manipulado. Por ejemplo, a través de estadísticas apuntadas a confundirnos. Supongamos la premisa: “El 80 por ciento de los accidentes de auto ocurre a menos de dos kilómetros de la casa de quien conduce”. Sin pensamiento crítico, la conclusión inmediata sería: “Es más peligroso manejar cerca de tu casa”. Con un poco más de panorama, no resulta difícil comprender que eso es así porque la mayor parte del manejo ocurre también en esos dos kilómetros y que para sacar una conclusión sería necesario ajustar los datos de acuerdo con esa realidad.

Especialmente preocupante es ver el espacio que los medios de comunicación prestan a los charlatanes. Numerosas celebridades invitan a sus shows televisivos a personajes que dicen leer la mente, comunicarse con los muertos, mover objetos con el pensamiento o predecir el futuro. Como dijo alguna vez el célebre mago y desenmascarador de pseudociencia James Randi: “¡El que crea en la telequinesis que levante MI mano!”.

La charlatanería sería apenas una anécdota risueña si no fuera porque la mayoría de las veces sus personajes hacen pingües ganancias a costa de la necesidad de creer que tienen las personas que atraviesan situaciones desesperantes. En un mundo un poco más lógico, a los conductores de programas de radio y televisión debería avergonzarles ver su nombre asociado al engaño y la estafa de los más necesitados.

A pesar de la impronta que dejó en la escuela la Ilustración y de que la gran mayoría del conocimiento impartido está relacionado con las diferentes ramas de las ciencias exactas, naturales y sociales, el foco puesto en la memorización de datos informativos hace poco y nada por enseñar sobre el método científico que condujo a descubrir esos datos. Lamentablemente el pensamiento

crítico, la decisión metódica de evaluar basándonos en evidencias antes de decidir en qué creer, no surge solo. Es necesario que la educación lo genere y promueva. La escuela debería jugar un rol mucho más activo en sentar las bases de una sociedad que repruebe la charlatanería. Este último cambio nada tiene que ver con los avances tecnológicos. Podría haber sido hecho hace 200 años. El momento de subsanar ese error también es ahora.

## ATREVIÉNDONOS A CUESTIONAR HASTA LO MÁS BÁSICO

En septiembre de 2009, ese gran educador argentino llamado Guillermo Jaim Etcheverry, publicó en *La Nación* un artículo titulado “Escrito a mano”, en el que se lamentaba amargamente por la creciente caída en desuso de la letra cursiva: “En la escritura cursiva, el hecho de que las letras estén unidas una a la otra por trazos permite que el pensamiento fluya con armonía de la mente a la hoja de papel. Al ligar las letras con la línea, quien escribe vincula los pensamientos traduciéndolos en palabras. Por su parte, el escribir en letra de imprenta, alternativa que se ha ido imponiendo, implica escindir lo que se piensa en letras, desguazarlo, anular el tiempo de la frase, interrumpir su ritmo y su respiración. (...) Su abandono convierte al mensaje en frío, casi descarnado, en oposición a la escritura cursiva, que es vehículo y fuente de emociones al revelar la personalidad, el estado de ánimo”. Jaim cierra citando a Umberto Eco y proponiendo sostener la enseñanza de la escritura gráfica “para poder pensar con calma. (...) Sería auspicioso que los niños aprendieran caligrafía, para educarse en lo bello y para facilitar su desarrollo psicomotor”.

En diciembre de 2013, la prestigiosa revista estadounidense *The Atlantic* publicó una nota en la misma línea de la escritora y maestra Abigail Walthausen, presentando a la enseñanza de cursiva como un derecho básico. Lo hizo en reacción a que el proceso de dejar atrás la cursiva ya comenzó: en los últimos años más de cuarenta estados en Estados Unidos eliminaron la obligatoriedad de su enseñanza.

Estos artículos resaltan dos problemas importantes del cambio que se avecina. Por un lado, ponen en evidencia que en toda transformación profunda existe un grado importante de pérdida, de renuncia, de nostalgia. Por otro, al mencionar la importancia que la escritura cumple en el desarrollo de la psicomotricidad, muestran que también existen efectos secundarios, consecuencias prácticas de las que ocuparse. Como veremos en el capítulo final, lo que en mi opinión la nota no considera es que el tiempo se mueve en una sola dirección, no vuelve atrás. No todo avance es progreso, pero avanzamos de todos modos, a veces incluso a pérdida. Yo creo que en el diseño del futuro no podemos desconocer el hecho de que, por más que los de las generaciones anteriores lo deseemos, los chicos no van a escribir en cursiva. Y me animo a ir un paso más allá: conjeturo que tampoco van a escribir

en imprenta. Los chicos que crecen hoy probablemente casi no usen sus manos para empuñar un lápiz y escriban moviendo sus dedos sobre un teclado o, directamente, hablándole a sus dispositivos, mediante herramientas de reconocimiento de voz. Es lícito preguntarnos si sólo la cursiva está destinada a caer en desuso a mediano plazo o si, tal vez, lo mismo suceda con la escritura gráfica misma, el escribir usando la mano y una lapicera sobre un papel. De hecho muchos de nosotros, que pasamos años puliendo esta habilidad, ya casi no la usamos y hemos perdido la práctica al punto que nos resulta un desafío dejar una nota manuscrita con letra legible.

Repensar la educación implica animarse a cuestionar incluso los pilares más básicos. Rediseñar el modo en que se alfabetizan y desarrollan su psicomotricidad todos los chicos de este planeta para adaptarla a la era digital es una tarea ineludible que conlleva una enorme complejidad. Aun así, no imagino a nadie en ningún Ministerio de Educación ni en las escuelas cuestionándose si tendrá sentido en el futuro dejar de lado la escritura gráfica. Si bien el momento de poner este cambio en práctica no ha llegado aún, probablemente ya es tiempo de, al menos, formularnos la pregunta.

Es importante aclarar que la escritura gráfica es un medio, como lo fueron las tablas de cera y los jeroglíficos. No se trata de que desaparezca la escritura ni la literatura, sólo de que cambiemos la manera de escribir. Cada uno de esos métodos pasados tuvo sus virtudes y abandonarlos habrá implicado pérdidas. Pero no sería lógico pretender reflotarlos ahora. Si en algún momento prescindimos de la escritura manual también tendremos una pérdida, pero seguramente nos acomodemos a esos cambios una vez más.

Al requerir que todos los estudiantes cuenten con dispositivos digitales para escribir, tal vez pueda parecer un cambio para las clases más acomodadas. Sin embargo, una de las principales razones para impulsar esta medida es precisamente la inclusión social. Hoy, una tableta electrónica fabricada en India cuesta 65 dólares. Al ritmo que suelen bajar los precios de este tipo de productos, en menos de cinco años probablemente costará la mitad. Y ese dispositivo no reemplaza sólo a los cuadernos de clase, sino también a gran parte de los útiles escolares y los libros de texto, por lo que cada alumno gastaría mucho menos con una única tableta que le durase todo el ciclo lectivo o más. Varios países están actualmente experimentando con su uso.

Una vez más, si en los próximos cinco a diez años no se modifica la forma de educar a los chicos, muchos de ellos van a dejar de aprender en la escuela. Intentar forzar la escritura gráfica en una cultura digital tal vez acabe siendo explicarles en chino cuando hablan en japonés. El desafío es reformar la educación para incorporar a los chicos al mundo que viene. No al que se fue.

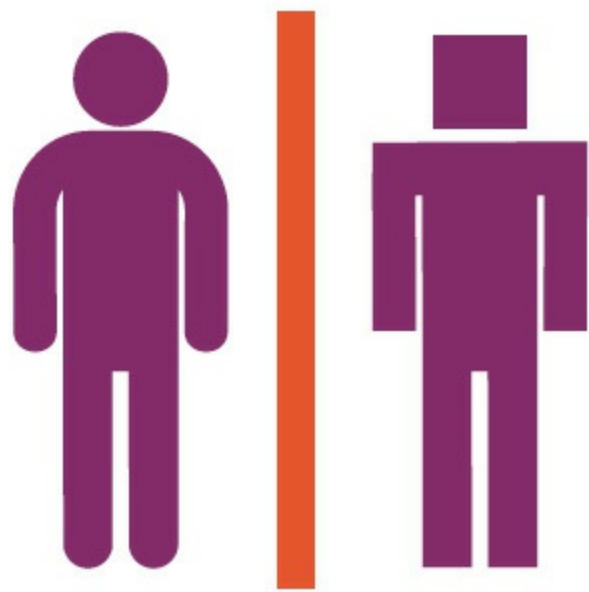
## **EL ENORME DESAFÍO POR DELANTE**

H.G. Wells afirmó que “la historia es una carrera entre la educación y la catástrofe”. Quiero cerrar este capítulo enfatizando la enorme importancia de la educación a nivel social e individual. Como mencioné al comienzo, es la herramienta principal con la que cuentan las sociedades para moldear el futuro. También es y será siempre fundamental en el desarrollo personal y profesional de las personas. En palabras del ex presidente de la Universidad de Harvard, Derek Bok: “Si creés que la educación es cara, intenta con la ignorancia”.

Dado su rol clave en la construcción del mañana, es muy peligroso encarar un mundo que avanza tan velozmente con un sistema tan resistente al cambio. Tal vez el ejemplo más dramático de la rigidez del sistema educativo actual sea que, aun cuando su uso se ha vuelto infrecuente, el castigo físico escolar todavía es legal en las escuelas públicas de diecinueve de los cincuenta estados de Estados Unidos, y ¡sólo dos lo prohíben en las escuelas privadas! Un estudio realizado en 2006 y 2007 por el Departamento de Educación de ese país muestra, además, que los estudiantes negros, latinos y discapacitados reciben proporcionalmente mayor castigo. En gran parte del mundo desarrollado su eliminación es sorprendentemente reciente: por ejemplo, en España fue prohibido hace menos de treinta años y en el Reino Unido y Canadá terminó de eliminarse recién durante la década pasada. En muchos países además de Estados Unidos todavía es legal y los chicos son regularmente golpeados por los docentes. En ellos, las autoridades educativas incluso regulan la metodología: qué tipo de instrumentos usar para el castigo, cuántos golpes dar, quién debe darlos y si es requisito o no que los padres sean informados.

El propósito de este capítulo es destacar la urgencia de encarar esta difícil transformación de manera proactiva y planificada. Sin ser un experto en educación, espero que estas ideas contribuyan a promover el debate sobre los desafíos y caminos para hacerlo. Aunque me cuesta ser optimista. La resistencia al cambio es tan grande y los intereses creados tan numerosos, que probablemente sólo encararemos la transformación cuando las circunstancias nos lo impongan. A pesar de lo trascendente del tema, veo difícil que el nuevo paradigma surja sin pasar previamente por una crisis profunda, una ruptura. Si algo muy rígido es sometido a una presión fuerte, no se dobla. Se rompe.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP9](http://libro.bilinkis.com/cap9)



## CAPÍTULO 10

Computadoras

vs.

**HUMANOS 3:**

el

**futuro**

del

**¿EMPLEO?**

## **PRIMER ROUND: EL FIN DEL TRABAJO REPETITIVO**

¿Escuchaste alguna vez hablar de Foxconn? Aun cuando tal vez nunca hayas escuchado hablar de ella, no importa en qué lugar del mundo vivas, difícilmente pasa un día completo sin que uses alguno de los dispositivos que ellos fabrican. Foxconn es el mayor fabricante de electrónicos del mundo. Entre otros “productitos”, son quienes producen el iPad, el iPhone, el Kindle, la Playstation 4, la Wii y los Blackberry más avanzados. Esta relativamente poco conocida compañía tiene otra particularidad: es el tercer mayor empleador privado del mundo, con 1,2 millones de trabajadores. Sólo McDonald’s y Walmart dan empleo a más personas.

En 2011 Foxconn sorprendió al mundo con una noticia: anunció que iba a instalar un millón de robots para reemplazar trabajo humano. En 2012 Canon fue un paso más allá: presentó su plan para abrir una fábrica completamente robotizada, donde no trabajará gente.

La tecnología, con todos sus efectos beneficiosos para la vida, es también una amenaza en el aspecto laboral. Cada cambio tecnológico aporta mayor productividad a las personas. Imaginemos el trabajo de mover piedras muy pesadas entre un punto y otro. Cuando no existía tecnología alguna, sólo contábamos con nuestras manos y pies; podíamos cargar unos pocos kilos moviéndolos muy lentamente. Incorporemos ahora un avance: la carretilla. Gracias a ella, repentinamente podemos cargar algo más de peso y avanzar un poquito más rápido. Llega un nuevo avance: ahora agreguemos un motor a la carretilla. Una vez más, nuestra productividad aumenta; sin el condicionamiento de tener que empujar para desplazar las piedras, podemos ahora ir al trote y llevar muchas más rocas. Pero, ¿para qué ir caminando atrás si podemos ir sentados arriba? Inventemos ahora el camión, capaz de cargar enormes pesos y moverse a gran velocidad por largas distancias. Con cada avance, podemos producir más y más. Esto, por supuesto, genera un segundo efecto: hace falta menos gente para hacer la misma tarea. Un solo hombre con un camión hace más que cien con sus manos y caminando.

El trabajo de ensamblar productos electrónicos es rutinario y repetitivo. El de mover piedras es físicamente extenuante. Aun cuando los plazos puedan ser un poco más largos, parece inexorable que los seres humanos no podamos competir con los robots en este tipo de tareas. Los robots trabajan 24 horas al día, no se cansan, no se distraen, no se aburren. El primer round, el del trabajo físico y/o repetitivo, tiene un ganador previsible.

## **DEL CAMPO A LA FÁBRICA, DE LA FÁBRICA A LA OFICINA, DE LA OFICINA A...**

El reemplazo de trabajo humano por maquinaria no es un fenómeno nuevo. En el siglo XIX, el 80 por ciento de las personas trabajaba en la producción de alimentos, dejando muy pocos recursos libres para desarrollar otras actividades. Gracias, entre otras cosas, a la introducción de máquinas sembradoras y cosechadoras, el uso de fertilizantes, la aparición de los herbicidas y el mejoramiento de las semillas, hoy sólo el 1 por ciento produce comida suficiente para alimentar al 99 por ciento restante. En la Argentina, fuerte productor y exportador neto de alimentos, actualmente sólo el 5 por ciento de la población trabaja en el sector agrícola.

La declinación de este tipo de empleo se dio en simultáneo con el auge de la fabricación industrial. Las personas que se encontraban sin trabajo en el campo, migraban a las ciudades y comenzaban a trabajar en las fábricas, que se convirtieron en la principal fuente de empleo en la primera parte del siglo XX. Con la manufactura sucedió algo similar: la incorporación de tecnología fue haciendo que cada vez hagan falta menos humanos para producir los mismos bienes, y hoy sólo entre el 20 y el 30 por ciento de la población trabaja en manufactura (en la Argentina esta cifra actualmente alcanza el 23 por ciento). Quienes se iban quedando sin trabajo en las fábricas comenzaron a emplearse en comercios y oficinas, generando la situación actual en la que el sector de servicios es el principal empleador de la economía en la mayoría de los países. Las principales actividades desarrolladas por la gente hoy son administrativas/gerenciales y de ventas.

“La farolera” o el ascensorista, mencionados en la introducción, son apenas un par de ejemplos de las decenas de oficios que fueron quedando en el camino. Los lectores mayores de 60 seguramente recuerden al “hielero”, que pasaba distribuyendo barras de hielo para enfriar los alimentos antes de que las heladeras fueran eléctricas. Los de 40 recordamos el particular grito del botellero y el inolvidable silbido del afilador...

En la actualidad estamos observando cómo desaparecen otros oficios: cada vez más máquinas y menos personas para hacer nuestras operaciones bancarias, para hacer check-in en los aeropuertos o para sacar boleto y controlar el acceso en trenes y subterráneos. En la introducción mencionamos que 3 por ciento de la población trabaja conduciendo, ya sea colectivos, taxis, ómnibus o camiones. Muy probablemente los vehículos autónomos afecten positivamente al 97 por ciento restante, pero dejen sin empleo a buena parte de estos choferes.

La cantidad de cartas enviadas en Estados Unidos creció casi sin interrupción desde 10.000 millones de cartas certificadas en 1933 hasta alcanzar un máximo de casi 104.000 millones en 2001. A partir de ese momento, con la popularización del correo electrónico, la caída fue drástica, llegando a sólo 68.000 millones en 2012. La consultora internacional BCG pronostica que la caída continuará a un ritmo de 4 por ciento al año. En algún tiempo más, el oficio del cartero será también un recuerdo.

Aun cuando el desajuste entre las habilidades disponibles y las requeridas por los nuevos empleos genera cierta fricción y sufrimiento en el plano individual, desde una perspectiva social todo este proceso de migración laboral fue sin dudas positivo. Cada cambio de empleo implicó usar menos la fuerza bruta y más la capacidad intelectual, hacer tareas menos repetitivas y más creativas, aprovechar cada vez más nuestra capacidad única de realizar actividades cognitivas.

Hasta hace muy poco, parecía que habíamos encontrado en el comercio y los servicios nuestro lugar definitivo: nadie imaginaba que las computadoras pudieran competir de manera efectiva en las tareas intelectuales que hoy nos ocupan mayormente. Sin embargo, como vimos en varios capítulos anteriores, las máquinas también han comenzado a desarrollar habilidades cognitivas. Si bien aún son incapaces de superar la calidad del trabajo humano en este tipo de tareas, el segundo round entre humanos y máquinas parece cada vez más inminente.

## **SEGUNDO ROUND: ¿EL FIN DEL TRABAJO INTELECTUAL Y COGNITIVO?**

En Singularity University tuvimos la oportunidad de realizar varias visitas al Googleplex, el campus principal de Google, que queda a unas pocas cuadras de NASA Ames. Allí pudimos conversar con la persona que estaba a cargo de dirigir Google Translate, el traductor automático de Google, que compartió con nosotros algunos datos interesantes. Por un lado, nos contó que periódicamente evalúan la calidad de las traducciones que realizan y “se ponen una nota”. Si bien la calificación había mejorado de manera sostenida, al momento de esa charla la nota que se daban a sí mismos apenas superaba un 4. Sin embargo, los algoritmos que usa Google para traducir cuentan con tres fuentes muy poderosas de aprendizaje: por un lado, igual que con otras tecnologías, la traducción se beneficia del poder de cómputo creciente de las computadoras. Por otro, Google utiliza todas las páginas web que están en múltiples idiomas para aprender cómo traducir, de modo que el aumento en el número de páginas web (que también es hasta ahora exponencial) brinda cada vez más fuentes de aprendizaje, a partir de observar cómo traducen los seres humanos. Finalmente, también ofrece a los usuarios la posibilidad de corregir los errores que encuentran, de modo que hay un ejército de millones y millones de personas ayudando a los algoritmos a aprender. Basados en la experiencia reciente sobre el progreso de la nota, Google espera sacarse un 7 y ser competitivo con un traductor humano promedio antes del final de la década.

Si la sofisticación del lenguaje es la característica más distintiva que tenemos los humanos, la traducción de textos es la tarea que plantea el mayor desafío cognitivo, por los múltiples sentidos que puede adoptar cada palabra, cada oración, cada párrafo; por el uso de metáforas, ironías,

expresiones idiomáticas. La mayoría de las personas que se dedican profesionalmente a este oficio ve una traducción actual hecha por computadora y encuentra completamente inverosímil la idea de que una máquina pueda reemplazarlos alguna vez. Sin embargo, año más, año menos, no falta mucho para que se nos haga imposible competir en esta tarea tan “humana”.

Otra área en que las computadoras están haciendo grandes progresos es en la escritura de artículos periodísticos. Narrative Science, una compañía creada por un par de expertos en inteligencia artificial, desarrolló una plataforma llamada Quill (“pluma de escribir” en inglés) capaz de redactar noticias publicables en tiempo real sin la intervención de un humano. Todavía es imposible hacer una editorial aguda o la crítica de un espectáculo, pero sus crónicas de eventos deportivos o su cobertura financiera sobre acciones de la bolsa salen cotidianamente en medios tradicionales muy prestigiosos, sin que nadie sospeche que es una computadora la que escribe. Incluso, existe un punto donde las máquinas rápidamente pueden tomar ventaja: usando tecnologías de *big data*, pueden descubrir referencias y relaciones con partidos jugados cuarenta años antes o analizar las estadísticas detectando patrones y datos que ningún periodista podría encontrar.

Si además metemos en escena a Watson y su aplicación inicial a la medicina más su transformación en plataforma abierta para darle nuevos usos, resulta claro que en los próximos años no habrá mucho lugar donde refugiarse. Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Oxford en 2013 estimó que la mitad de los empleos están en riesgo de perderse en los próximos veinte años. De acuerdo con Carl Frey y Michael Osborne, que lideraron la pesquisa, el arribo de las tecnologías de *big data* está solucionando la mayoría de las trabas que evitaban la computarización de empleos hasta ahora. Como resultado, estimaron cuál es la probabilidad de que diferentes profesiones sean reemplazadas por computadoras durante las siguientes dos décadas: según sus resultados, los empleos con mayor riesgo son el telemarketing, la contabilidad y la auditoría, la venta minorista, la escritura técnica y periodística, los agentes de venta de propiedades, los procesadores de textos y tipistas, los conductores y los pilotos comerciales.

Parafraseando la célebre frase de Martin Niemöller: “Primero vinieron por los estibadores, pero yo no protesté porque no era estibador. Después vinieron por los agricultores, pero no protesté porque no era agricultor. Después vinieron por los operarios, pero yo no era operario. Después vinieron por los traductores, los periodistas y los médicos, pero no protesté porque yo no era uno ni otro. Ahora vienen por mí y no queda nadie que proteste”.

## **¿QUÉ CARRERAS DEBERÍAMOS ESTUDIAR? EL CONFLICTO ENTRE VOCACIÓN Y EMPLEO**

Aun cuando a muy largo plazo todas las profesiones están amenazadas, a corto plazo algunas están mucho más en riesgo que otras. Tal vez sea por eso que en el intercambio con la audiencia luego de mis conferencias frecuentemente alguien me consulta qué carrera debería elegir o recomendarles a sus hijos que elijan.

Cuando se observan los datos de elección de carrera, sorprende ver la gran brecha entre las profesiones que más necesita el mundo actual y las que mayoritariamente elige la gente. Casi una década y media después del inicio del siglo XXI, seguimos escogiendo carreras del siglo XX. Por un lado, hay carreras que ya tienen fuerte exceso de oferta de profesionales y, para peor, se encuentran amenazadas por el avance de las computadoras. Por otro, en varias áreas existe hace tiempo un déficit marcado entre la cantidad de egresados que hacen falta y el número de personas que se gradúan cada año.

Estudios realizados en Estados Unidos en 2013 muestran que las carreras relacionadas con la informática y el software son las que presentan mayor demanda insatisfecha en la actualidad. Aun cuando no existen estudios comparables para Latinoamérica, cualquiera que trabaje como emprendedor tecnológico puede dar testimonio de la marcada falta de ingenieros de software, programadores y analistas. La demanda es tal que, en estas disciplinas y otras similares, muchos estudiantes no llegan al final de la carrera, seducidos por sueldos muy altos aun antes de tener el título. En muchos casos, incluso, los ingenieros de software ganan más que los CEO de los emprendimientos.

Mientras las profesiones que más crecen son las relacionadas con la tecnología (administrador de base de datos, ingeniero de software, analista de sistemas), según las estadísticas de la Universidad de Buenos Aires, las carreras más populares siguen siendo ciencias económicas, medicina, derecho y arquitectura. Curiosamente, la proporción de estudiantes que eligen las carreras de Ciencias Exactas e Ingeniería descendió del 11 por ciento en 1992 a sólo el 8 por ciento en 2011. Aquellas profesiones que más hacen falta son las que la gente menos elige. Argentina necesita 10.000 ingenieros al año y produce sólo de 3.000 a 5.000.

Esta brecha tiene varias causas. Por un lado, es posible que las carreras vinculadas con la ingeniería, la informática y las ciencias exactas sean más difíciles y la elección tenga un componente de cortoplacismo y comodidad. Pese a la labor divulgadora de científicos como Adrián Paenza, la mala enseñanza de la matemática en los niveles iniciales deja a mucha gente con la sensación de que esta disciplina es aburrida o demasiado compleja. Por otro lado, en mucha gente existe una “inercia vocacional”, que nos hace aspirar a tener la misma profesión que personas que admiramos pertenecientes a generaciones anteriores, especialmente nuestros padres. En general conocemos muchos médicos, abogados, contadores o arquitectos y algunos de ellos funcionan como modelos

aspiracionales influenciando nuestra vocación; pero, dada su escasez, conocemos muchos menos ingenieros, matemáticos o programadores. Por último, parte de la razón es que mucha gente elige sin estar al tanto de las cosas que están pasando y que este libro describe. Sus elecciones, entonces, son producto de la desinformación por lo que espero estar aportando mi grano de arena a que los lectores tomen mejores decisiones.

## ¿Y AHORA DE QUÉ TRABAJAMOS?

Como decíamos antes, cada vez que los seres humanos nos vimos desplazados de una tarea, encontramos refugio en otra mejor. De construir pirámides a mano pasamos a cultivar la tierra, de allí a ensamblar en fábricas, luego a trabajar en un call center u oficina, después a hacer cosas como diseñar campañas publicitarias. En definitiva, frente a cada desplazamiento siempre fuimos logrando generar nuevos empleos de mayor calidad. Sin embargo, esta vez no parece ser este el caso. Si las computadoras nos desplazan de los trabajos intelectuales y creativos en el terreno de los servicios y gerenciales, no quedan nuevas áreas a las que movernos. La cadena de migraciones hacia empleos de más calidad parece haber llegado a su fin.

De hecho, un grupo de profesores del MIT plantea que ya se ve el efecto de este callejón sin salida. Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee escribieron *La carrera contra la máquina*, un libro que plantea el dilema de la competencia entre el hombre y la computadora por el empleo. Allí observan que a lo largo de la historia económica de la humanidad, el crecimiento de la economía y el nivel de empleo mostraron siempre una correlación muy fuerte: mientras en períodos de auge el desempleo cae, en momentos de recesión el desempleo se dispara. Sin embargo, la crisis global del 2008 mostró por primera vez un fenómeno diferente. La caída del producto bruto de Estados Unidos como consecuencia de la crisis financiera de ese año generó un impacto negativo fuerte en el empleo: el desempleo pasó de un promedio de 4,6 por ciento en 2007 a un pico de 10 por ciento a fines de 2009. A partir de ese momento la economía se recuperó, alcanzando ya al primer trimestre de 2014 un nivel de 7 por ciento mayor en términos reales al nivel previo a la crisis. Sin embargo, pese a ese significativo crecimiento, el desempleo jamás volvió al nivel anterior y a esa misma fecha se ubicó en 6,7 por ciento, más de 2 por ciento por encima del valor anterior.

Brynjolfsson y McAfee conjeturan que este parcial “desacople” no es casual. Es el primer indicio de una economía global capaz de producir cada vez más productos empleando cada vez menos gente. De hecho, en Estados Unidos en cada una de las décadas de 1980 y 1990 se crearon en promedio 17 millones de empleos, la década pasada apenas se crearon un poco más de 3 millones. Aunque este efecto se revirtió un poco desde 2010, sostienen que la brecha seguirá abriéndose. Si estos

científicos tienen razón, estamos entrando en una nueva era en la que una porción creciente de la población mundial carecerá de empleo. La respuesta a la pregunta que da título a esta sección pareciera ser que, de acá a un tiempo, gran parte de nosotros no trabajaremos.

Aun cuando probablemente la mayoría creamos que un mundo donde buena parte de la población esté sin trabajo sería algo parecido al apocalipsis, con hordas de seres desaforados arrasando la civilización como la conocemos, esto no necesariamente deberá ser así.

## LA SEPARACIÓN DEL INGRESO Y EL TRABAJO

En una charla TED brindada en 2013, McAfee menciona una supuesta conversación, probablemente apócrifa, entre Henry Ford II y el líder del sindicato de la industria automotriz, mientras recorrían una de las plantas más nuevas, llena de robots:

—Hey, Walter, ¿cómo vas a hacer para que estos robots se afilien al sindicato? —preguntó provocadoramente Ford.

—Hey, Henry, dime tú cómo vas a hacer para que te compren autos... —replicó triunfante el líder sindical.

En el mundo en que vivimos, cualquiera de nosotros podría haber contestado de esa misma manera. Sin embargo, el proceso que empezamos a vivir desafía esa lógica. Al no estar causada por una recesión, esta caída en el número de personas que trabajan no debería estar acompañada de una falta de bienes materiales suficientes para todos, producidos por máquinas y software. Este desacople entre empleo y producción abre la puerta a otra posible separación: la del trabajo y el ingreso personal.

Como parte de sus programas sociales, numerosos países han introducido diversas variantes de planes asistenciales que brindan un ingreso condicional a los sectores menos favorecidos de la población. La Argentina, por ejemplo, creó en 2009 una asignación por hijo que aspira a proporcionar a padres y niños acceso a ciertos bienes mínimos que permitan una buena crianza. Algunos países, no obstante, previendo un futuro de relativa abundancia de bienes y escasez de empleos, consideran hoy una alternativa más radical: un ingreso universal para TODOS los ciudadanos, que cubra todas las necesidades fundamentales para vivir sin necesidad de trabajar. Si lo primero que te viene a la mente al escuchar esta idea es pensar en gobiernos socialistas, tal vez tengas que volver a pensarlo: la idea de un ingreso universal no es nueva y ha sido impulsada, de diversas maneras, por numerosos economistas en Estados Unidos y Europa, incluyendo ultra

liberales como Milton Friedman y otros más moderados pero que nadie confundiría con socialistas como Paul Samuelson y John Kenneth Galbraith. Pocos saben también que, al momento de su asesinato, éste era el principal proyecto de Martin Luther King Jr.

Ya sea impulsado por ONGs, líderes políticos o gobiernos, en casi todos los países del mundo desarrollado la idea de un ingreso universal comienza a ocupar más y más lugar en la agenda pública. En 2004, Brasil fue el primer país del mundo en aprobar una ley que delega en el presidente la responsabilidad de implementar gradualmente un sistema de este tipo. Si bien en estos diez años han existido algunos avances, todavía Brasil está lejos de haberlo implementado. Con la reciente crisis económica, estas ideas cobraron un inusitado ímpetu y están siendo seriamente discutidas en buena parte de Europa. Iniciado por un petitorio con más de 120.000 firmas, Suiza realizará pronto el primer referendo popular al respecto. De aprobarse, la propuesta otorgaría a cada suizo una suma aproximada de 2.800 dólares al mes.

Algunos experimentos en pequeña escala ya han sido realizados con promisorios resultados. En Estados Unidos, por ejemplo, el estado de Alaska paga a todos sus ciudadanos un estipendio proveniente de la renta petrolera. Aun cuando la suma es pequeña e insuficiente como única fuente de ingreso (unos 900 dólares al año), alcanza para convertir a Alaska en el segundo Estado más igualitario de ese país, de acuerdo con datos de 2010. Experiencias similares realizadas en Canadá e India generaron mejoras importantes en el rendimiento escolar y el grado de escolarización y en los indicadores de salud pública.

En un mundo donde hace tiempo el problema no es la disponibilidad de riqueza sino su distribución, la idea de separar trabajo y subsistencia y garantizar a todos un nivel mínimo aceptable se convierte cada vez más en una alternativa viable.

## **¿HACIA EL “PLENO DESEMPLEO”?**

Lograr el pleno empleo ha sido uno de los objetivos centrales de cualquier política macroeconómica. En una charla brindada en TEDxVienna, un graduado de Singularity University llamado Federico Pistono señaló una de las principales contradicciones de nuestra sociedad actual: hasta aquí hemos usado las nuevas tecnologías para estar conectados en todo momento y lugar, y así poder trabajar aún más.

La visión de dejar el trabajo en manos de máquinas es muy antigua, como prueba esta increíble cita de Aristóteles: “Si cada instrumento pudiese, en virtud de una orden recibida o, si se quiere, adivinada, trabajar por sí mismo, como las estatuas de Dédalo o los trípodes de Vulcano, ‘que se iban solos a las reuniones de los dioses’; si las lanzaderas tejiesen por sí mismas; si el arco tocase

solo la cítara, los empresarios prescindirían de los operarios y los señores de los esclavos”.

En un provocador libro titulado *Los robots van a dejarte sin trabajo, pero está OK*, Pistono menciona la cita de Aristóteles y provoca diciendo: “Hace 2.000 años teníamos la visión pero no las herramientas. Hoy tenemos las herramientas pero no la visión”. Por esa razón, propone invertir la ecuación: fijar como meta el “pleno desempleo”, dejando más y más el trabajo en manos de robots, eliminando la obligación de trabajar y liberando nuestro tiempo para tareas más edificantes. “No podemos ganar la carrera CONTRA las máquinas, pero sí ganar nuestra propia carrera CON ellas”, asegura.

Dejar de trabajar presenta desafíos individuales y sociales enormes que van más allá de la disponibilidad y el reparto de los bienes. Buena parte de los adultos que vivimos actualmente en América descendemos de inmigrantes que huyeron de Europa empujados por el hambre, y en algunos casos de la persecución. Nuestros abuelos llegaron a esta tierra sin nada más que su fuerza de voluntad y sus ganas de progresar. Su meta fue enviar a sus hijos, nuestros padres, a la universidad, para que pudieran tener una vida mejor que la de ellos. Esos valores influenciaron de manera sutil pero profunda nuestra manera de vivir, haciendo que para muchos de nosotros el trabajo sea un valor, pero también un imperativo. Y la “vagancia” nos parezca uno de los peores defectos.

Ninguno de los que crecimos en ese contexto puede siquiera imaginar cómo sería vivir sin trabajar. El trabajo está centralmente ligado a nuestro sentido de propósito y nuestro proyecto de vida. La generación que nos sigue, de todos modos, parece estar rompiendo ya con esa lógica. Los integrantes de la “generación Z”, término que se usa para designar a los jóvenes que hoy rondan los veinte años, parecen, mirados desde nuestra óptica, poco comprometidos con el empleo e inconstantes. Las áreas de Recursos Humanos de las empresas se esfuerzan en vano por retener a los más talentosos. En su búsqueda de la realización personal el trabajo parece ocupar un lugar secundario que a los mayores nos preocupa y a veces irrita.

Es posible que ellos, de manera intuitiva, estén viendo antes que nadie el mundo que viene. Esta nueva realidad resignificará totalmente la elección vocacional de la que hablamos anteriormente: si el trabajo va a faltar de todos modos y el ingreso no dependerá de éste, ¿por qué no elegir la profesión con total libertad, dedicándonos a aquello que más nos guste, de manera totalmente desligada del mercado de trabajo? En sintonía con los tiempos que vienen, la generación Z visualiza un mundo donde no haya que “ganarse la vida”. Donde la vida ya esté ganada, el trabajo pierda importancia y el mayor desafío sea la búsqueda de la felicidad.

**ANTE EL VERDADERO GRAN RETO**

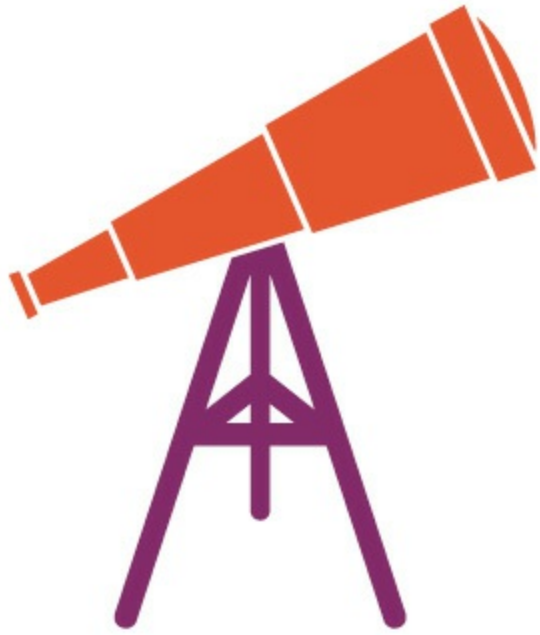
Con una visión impresionante, John Maynard Keynes, uno de los mayores economistas del siglo XX, previó este cambio del rol del trabajo en nuestra vida hace más de ochenta años. En un impactante ensayo titulado “Posibilidades económicas para nuestros nietos”, escrito en 1931 en medio del desastre de la gran recesión, Keynes pronosticó para cien años después un mundo donde el crecimiento económico hubiera solucionado “el problema económico”, garantizando a todos un estándar de vida muy elevado y la reducción o eliminación lisa y llana de la necesidad de trabajar. Fue el primero en discutir el concepto de “desempleo tecnológico” y en pensar que el problema de la escasez que define el campo de acción de la economía podía ser una fase temporaria en la historia de la humanidad.

Keynes sabía del carácter revolucionario de su visión en un mundo en el que sobrevivir ha sido siempre el problema más acuciante, no sólo para la humanidad sino para todas las formas biológicas desde el inicio de la vida. “Si el problema económico es resuelto, la humanidad será privada de su propósito tradicional”, afirmó.

Hace más de doscientos cincuenta años Voltaire vio con claridad los múltiples beneficios del trabajo en nuestra vida. Con el cinismo que caracteriza a su obra mayor, en la novela *Cándido* afirma: “El trabajo nos libera de tres grandes males: el aburrimiento, el vicio y la necesidad”. Los robots y las máquinas pueden producir los bienes que necesitemos y hacer que la necesidad material desaparezca sin tener que trabajar, pero no solucionan en nada los otros dos efectos positivos sobre nuestra vida. En palabras de Keynes: “Para aquellos que sudan diariamente para ganarse el pan, el ocio es un dulce anhelo. Hasta que lo consiguen”. Este economista vio el “problema del ocio” como el verdadero dilema permanente de la humanidad: cómo ocupar el tiempo libre para “lograr vivir sabiamente, de manera agradable y buena”.

“Ningún país o persona puede anhelar la era del ocio y la abundancia sin preocupación”, advirtió Keynes. Es que, en muchos sentidos, un mundo donde la mayoría de la población tenga sus necesidades básicas cubiertas y esté todo el día sin verse obligada a hacer nada puede ser una distopía tan atemorizante como la de las hordas mencionada párrafos atrás. Relevados de la obligación laboral, el ocio, la depresión y la falta de propósito o proyecto de vida pueden probar ser enemigos aún más terribles que la escasez y la obligación. ¿Estamos a la altura de semejante libertad?

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP10](http://libro.bilinkis.com/cap10)



## CAPÍTULO 11

# GUÍA — para — SOBREVIVIR — al — futuro

## ¿Y AHORA QUÉ HACEMOS?

Durante los meses que pasé estudiando en Singularity University mi estado de ánimo oscilaba permanentemente entre la fascinación y el espanto. Por un lado, el entusiasmo por la sensación de que en poco tiempo podremos contar con las herramientas para solucionar los problemas más acuciantes del mundo de hoy. Por otro, la preocupación por la posibilidad de que el mundo cambie de maneras que lo conviertan en un lugar muy diferente, tal vez uno en el que no me gustaría vivir. Finalmente, también pasó en muchos momentos por mi cabeza el temor de que, experimentando con cosas tan básicas y sensibles como la genética, los virus, la robótica o la inteligencia artificial, algo salga mal y pongamos en riesgo la existencia misma.

También sentí el “shock del futuro” del que hablamos en la introducción: la sensación de que las cosas comienzan a moverse a un ritmo con el que es casi imposible lidiar. Y me convencí de que esto es sólo el comienzo: cuando en treinta años alguien vea este libro y lea que en esta época sentíamos “shock” le resultará tan difícil de entender como a nosotros nos cuesta comprender hoy lo que Toffler sintió en la década del 60.

Para lograr compartir la experiencia que viví en mis meses en la NASA, uno de los objetivos de este libro era intentar producir en los lectores esas mismas sensaciones. Si durante la lectura de estas páginas no sentiste el “shock del futuro”, si no te entusiasmoste con las posibilidades que el futuro trae y no te atemorizaste con los riesgos, la meta de este libro no estaría cumplida. Espero que algo de eso te haya sucedido.

Sin embargo, generar esas sensaciones no basta para que este libro haya valido la pena. El propósito último es canalizar esa euforia y esa angustia hacia cosas que podamos hacer hoy para construir el mundo en el que queramos vivir. Si bien no tengo una receta infalible, en este capítulo final quiero compartir algunas ideas al respecto. Encontrarás recomendaciones prácticas sobre habilidades que es deseable adquirir, actitudes que es importante desarrollar y reflexiones sobre nuestro rol en la creación del mundo que viene y sus características.

## ANALIZAR LA FOTO, IMAGINAR LA PELÍCULA

A pesar de que la mayoría vivimos con la sensación de estar inmersos en un cambio vertiginoso, es muy notable cómo, en el momento de tomar decisiones de mediano plazo, la mayoría casi no destinamos tiempo a entender cómo va a cambiar el contexto hasta que esa decisión tenga impacto. Invertimos mucho esfuerzo en intentar analizar “la foto” (el estado actual de las cosas), y casi nada en imaginar “la película” (qué va a pasar hacia delante).

La prospectiva es el esfuerzo sistemático por usar herramientas para analizar la información disponible y así realizar inferencias sobre el mañana basadas en el método científico. Es importante separarla de metodologías pseudocientíficas, como la astrología o la cartomancia, y de géneros literarios como la ciencia ficción. Una de sus herramientas más habituales es la construcción y análisis de escenarios.

Un ejemplo obvio es la elección de carrera. Considerando el proceso de ingreso, la cursada, la graduación y la inserción laboral, la selección de una carrera universitaria es una decisión cuyo resultado se materializa dentro de cinco a diez años. Sin embargo, tal como mencionábamos en el capítulo anterior, numerosas personas eligen hoy estudiar para ejercer profesiones cuya existencia misma está en duda de aquí a una década. La principal razón no es otra que la falta de prospectiva.

Errores de este tipo no sólo ocurren en el plano individual. También suceden con frecuencia en el plano de las organizaciones y hasta de los países. Veamos un ejemplo que nos toca de cerca. América es el continente con mayor actividad ganadera del mundo. La crianza de animales para la producción de carne y otros derivados como cuero es uno de los pilares del sistema económico en varios países de la región, incluyendo a Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil.

Nuestro país, por ejemplo, es un país mayormente llano, de tierra fértil, excelente para que crezcan plantas. Amplias superficies se destinan al pastoreo o a la producción de granos para alimentar animales, cuya carne después comemos o exportamos. Sin embargo, es probable que dentro de quince a treinta años, la carne pueda fabricarse en un biorreactor. Basándose en tecnologías muy similares a las usadas para la impresión de órganos que mencionamos en el capítulo sobre extensión de la vida, científicos y empresas ya trabajan en posibilitar la producción de un “ojo de bife” que nunca haya sido parte de una vaca.

Surgida desde dentro de Organovo, una compañía especializada en producir tejidos vivos para usos experimentales y farmacéuticos, Modern Meadow es una de las firmas que lideran la aplicación de la ingeniería de tejidos a la producción de carne y cuero. Alojada en SU Labs, la incubadora de Singularity University en NASA Ames, ya recibió la inversión de personalidades como Peter Thiel y fue destacada en conferencias como “Solve for X” de Google y TED. A fines de 2013 tuve la oportunidad de reunirme con Andras Forgacs, el CEO de la empresa, y ver de primera mano una muestra de cuero “cultivado”. El resultado hoy ya es impactante.

Unos meses antes, en agosto de 2013, Mark Post, profesor de la Universidad de Maastricht, Holanda, organizó en Londres un evento muy especial. Preparada por un destacado chef, sirvió a un grupo de críticos gastronómicos la primera hamburguesa hecha de carne “artificial”. La conclusión de quienes la probaron es que, todavía, no era rica. La consistencia era muy similar, pero casi no tenía grasa, lo que hizo que su sabor no fuera el que estamos acostumbrados a ingerir. Es cierto

también que es más fácil lograr una hamburguesa que un bife, porque no hace falta reconstruir la fibra del tejido muscular. Pero dar con la fórmula exacta es cuestión de tiempo.

Si bien es probable que al principio nos genere cierto rechazo la idea de comer carne producida de este modo, PETA (People for the Ethical Treatment of Animals) realiza ya campañas de concientización sobre la crueldad de matar animales para comer. Probablemente el principal impulso para la aceptación social provenga de su gran beneficio ambiental y de la protección de los derechos animales. Apenas treinta años atrás todavía era habitual usar pieles animales como abrigo. Actualmente parece una costumbre tan salvaje que nadie osaría salir a la calle con su cuerpo cubierto de zorros muertos y despellejados. Del mismo modo, tal vez en unas décadas nuestros hijos o nietos no puedan creer cuando les contemos que criábamos vacas en condiciones malísimas, las subíamos a un camión todas apretujadas, les partíamos la cabeza con un martillo neumático, las cortábamos en pedazos y desperdiciábamos parte de su cuerpo, sólo por el objetivo de comer un bife.

El impacto de esta tecnología sobre el mundo en general será enormemente positivo. La ganadería, después de todo, contribuye casi un 20 por ciento de los gases de efecto invernadero (de acuerdo con la ONU, significa un impacto mayor que el del sector transporte completo) y consume cantidades inverosímiles de agua potable. Pero para países ganaderos como el nuestro podría ser sumamente negativo. Pese al potencial impacto, casi nadie en la Argentina está haciendo algo al respecto. Ni los funcionarios del Ministerio de Economía, ni la Secretaría de Agricultura y Ganadería, ni los empresarios dueños de campos y ganado. Probablemente no sea casual que la tecnología que llevó a la primera hamburguesa se haya desarrollado en Holanda, un país casi sin territorio viable para la cría de ganado. Si la Argentina y los demás países de la región no invierten en el desarrollo de esta tecnología, la relevancia regional en la producción global de carne quedará como un recuerdo. Esto no será producto de una decisión cuidada de enfocar nuestras economías a otra área sino de la falta de prospectiva, la desinformación o la desidia.

Una de las claves para vivir de manera efectiva en el mundo que viene será desarrollar la habilidad de usar toda la información disponible en la actualidad para proyectar escenarios futuros. Hacerlo de manera sistemática nos permitirá, en el plano personal, profesional y organizacional, tomar mejores decisiones, que consideren los cambios en el contexto hasta el momento del impacto de nuestra elección.

## **BALANCEAR EL CORTO Y EL LARGO PLAZO**

Uno de los principales aspectos en los que nuestro cerebro, evolucionado en un contexto totalmente diferente del mundo actual, nos lleva a actuar de maneras desacertadas es el peso que

tienen las gratificaciones inmediatas sobre nuestras decisiones.

En una famosa investigación realizada hace casi cuarenta años, el psicólogo de la Universidad de Stanford Walter Mischel midió la capacidad de un grupo de niños para autocontrolarse y demorar la gratificación en pos de una recompensa ulterior. En el experimento, conocido como “Marshmallow experiment”, ofrecía a los niños un malvavisco, pero prometía entregar un segundo si esperaban 15 minutos para comer el primero. Las conclusiones del experimento fueron muy interesantes: muy pocos niños sucumbían a la tentación de manera inmediata. La mayoría hacía un intento por esperar y obtener el segundo. Pero sólo un tercio lograba llegar al límite de 15 minutos. Los demás, pese a que recurrían a estrategias como mirar hacia otro lado o moverse nerviosamente, terminaban sucumbiendo a la tentación y comiendo el primer malvavisco antes de tiempo.

Lo más llamativo, de todos modos, llegó años después de manera inesperada. Investigaciones posteriores sobre los niños que habían sido parte del experimento original demostraron una fuerte correlación entre la capacidad de esperar y demorar la gratificación y el rendimiento posterior en el plano académico y profesional.

En un sentido es casi obvio. Prácticamente todos los grandes logros de la vida implican ser capaces de tolerar sacrificios a corto plazo en pos de una meta que sólo llega tiempo después. Esto es cierto para grandes cosas, como hacer una carrera profesional, pero también para otras menores, como leer un libro.

En ocasiones nosotros mismos necesitamos coartar los impulsos de la parte más antigua de nuestro cerebro, la que necesita satisfacer las necesidades de manera inmediata. Las dietas representan un buen ejemplo. Esa parte interior quiere azúcar, porque antiguamente era un bien escaso, y está preparada para consumirla ni bien se acerca a una fuente del dulce alimento. Pero ahí es cuando utilizamos la parte frontal, la de la planificación, y nos obligamos a sacrificar el placer de corto plazo. Todos los que alguna vez hicimos una dieta sabemos cuán difícil es esa lucha.

La dificultad natural de nuestro cerebro para posponer las gratificaciones se ve amplificadas por ciertas máximas de nuestra cultura. En una célebre escena de la película *La sociedad de los poetas muertos*, un profesor les recuerda a los alumnos que nuestra vida es breve y les enseña a “disfrutar el día” (Carpe diem). En la cultura cotidiana, esto se expresa también en la máxima que recomienda “vivir cada día como si fuera el último”.

Vivimos en un mundo donde muchas veces pasamos los días corriendo a toda velocidad sin un rumbo, persiguiendo metas ilusorias, amparados por nuestra propia negación omnipotente de la finitud de la vida. En un contexto así, pareciera que recordarle a todo el mundo el “Carpe diem” es una buena idea, y posiblemente lo sea. Tiene poco sentido que nuestro tiempo se escape mientras estamos siempre con el foco puesto en postergar el presente en función de obtener metas distantes, y

que cuando se alcanzan frecuentemente nos desilusionan. Así, ante la gratificación que nunca llega, el “Carpe diem” puede ayudarnos a recuperar cierto balance perdido. Pero esta idea al pie de la letra también es peligrosa. La frase “Vive cada día como si fuera el último, porque algún día, sin duda, estarás en lo correcto” olvida mencionar que, muy probablemente, ¡antes de ese día habrás errado decenas de miles de veces! Y pagado un precio innecesario por esos errores.

Me tomo la licencia de ser un tanto “literal” para marcar el punto: imagínense por un minuto que supieran que mañana es el último día de sus vidas y piensen qué harían con ese día. Casi con seguridad sería un día horrible, dedicado a ordenar asuntos pendientes y a despedidas entre lágrimas. ¿Es deseable vivir cada día como si fuera el último? Sí, ya sé. La idea de “como si fuera el último” no se refiere a despedirnos sino a enfocarnos en hacer aquello que nos gusta y nos gratifica a corto plazo, “como si no hubiera un mañana”. Pero con un cerebro que de por sí sucumbe con tanta facilidad ante la insoslayable tentación del corto plazo, desarrollar la habilidad de balancear correctamente las metas más cercanas con las más distantes resulta cada vez más importante.

Hay dos palabras en inglés de difícil traducción que describen la manera en que quisiera sentirme respecto de mi propia vida: *fulfilling* y *meaningful*.

*Fulfilling* tiene que ver con la sensación de gratificación asociada a lograr aquello que uno se propone, sea lo que sea. *Meaningful* tiene que ver con la sensación subjetiva de tener un “sentido”, un propósito que va más allá de nosotros mismos. La trampa reside en que muchas de las metas que nos resultan *fulfilling* nos gratifican a corto plazo (comprar ese objeto que hace unos meses queremos tener) pero nos hacen sentir vacíos desde el punto de vista del *meaning*.

Las cosas *meaningful* (significativas) no se construyen de un día para el otro. No pueden hacerse sin un horizonte más a largo plazo, en el que pensemos nuestra felicidad como fruto de una construcción gradual más que como algo inmediato. Con muchos de los hábitos saludables pasa lo mismo. Si la vida es finita, ¿dormimos menos? ¿No dormimos nada? ¿Comemos comida chatarra todos los días hasta que el colesterol nos desborde por las orejas? El problema con el “Carpe diem” es que subraya hasta el exceso la realidad de nuestra finitud.

En conclusión, es un sinsentido vivir nuestra vida como si fuera eterna (¡al menos hasta tanto lo sea!), pero es igualmente absurdo vivirla como si la muerte fuera siempre inminente. La vida es como una película que nadie sabe cuándo ni cómo termina. Pero no tiene sentido por eso hacer que, por las dudas, cada momento sea como un final, por si justo “la peli” termina en ese momento.

Encontrar un balance entre el *fulfilling* y el *meaningful* es un arte difícil. En un mundo que ofrece cada vez más gratificaciones inmediatas y distracciones pero, a la vez, nos demanda más y más prospectiva para tomar buenas decisiones, lograr saber cuándo priorizar el corto y el largo plazo será otra habilidad imprescindible.

## ENFRENTAR LA RESISTENCIA AL CAMBIO

Los humanos somos animales de costumbre. Tenemos una enorme capacidad de aprender cosas nuevas, pero también un altísimo apego a aquello que ya aprendimos. Y una vez que algo se nos vuelve hábito, cambiar nos resulta sumamente difícil. Este efecto, vulgarmente conocido como “resistencia al cambio”, está sustentado en fuertes “sesgos cognitivos”.

El primero, llamado “aversión a perder”, fue demostrado experimentalmente por primera vez a comienzos de los 80 por los célebres economistas Daniel Kahneman, ganador del premio Nobel en 2002, y Amos Tversky. Expresado en términos simples, “la aversión a perder” predice que a la mayoría de las personas les duele el doble perder algo de valor “x” que ganar una cosa de valor equivalente. La mayoría de las decisiones pueden ser planteadas como oportunidades de ganancia o riesgos de pérdida. Y enfrentados a exactamente la misma elección los resultados son dramáticamente diferentes según se presenten los hechos de una u otra forma.

Veámoslo con un ejemplo clásico de Kahneman y Tversky, conocido como el “problema de la enfermedad asiática”. Imaginemos que una epidemia llega a una aldea de 600 habitantes. El médico local puede elegir una de dos opciones de tratamiento: en la primera, exactamente 200 personas se salvan y 400 mueren. En la segunda, hay un tercio de probabilidad de que se salven todos y dos tercios de que nadie sobreviva. Enfrentados a estas dos alternativas, 72 por ciento de los médicos eligieron la primera, salvar con certeza a un tercio. Basta plantear la misma situación sutilmente diferente para obtener el resultado contrario. Si definimos la primera opción diciendo que exactamente 400 van a morir (lo que es matemáticamente equivalente a decir que 200 van a vivir) y la segunda diciendo que hay un tercio de chances de que no muera nadie y dos tercios de que mueran todos, en ese caso ¡78 por ciento de los doctores escogieron la segunda! Enfrentados a la misma situación, el resultado varía radicalmente según el modo en que se presenten las alternativas. La diferencia surge de hacer ver a los muertos como pérdida en vez de a los salvados como ganancia.

Un segundo efecto es el conocido como “efecto de la propiedad”, descrito por Kahneman, junto a Knetsch y Thaler en 1990: tendemos a sobrevalorar aquellas cosas que ya tenemos por el mero hecho de tenerlas. Un buen ejemplo es el experimento realizado por Dan Ariely y Ziv Carmon en 1994. En la Universidad de Duke existe un gran fanatismo entre los estudiantes por el equipo colegial de básquet. Las entradas para los partidos se asignan a través de un sorteo. Naturalmente, uno esperaría que el valor que le asignan a las entradas los que salen sorteados sea similar al de los que no resultaron favorecidos. Después de todo fueron asignados al azar. Sin embargo, al consultarle a quienes no obtuvieron un ticket cuánto pagarían por comprar uno, el precio promedio fue de 170 dólares. ¿El precio medio de venta al que cederían el suyo los ganadores? ¡Catorce veces ese valor:

2.400 dólares! Obviamente casi no hay ventas entre los estudiantes una vez que se realiza el sorteo.

Por esta razón son tan efectivas las campañas de marketing que nos ofrecen un paquete de programación de TV más completo o una conexión a internet más veloz sin costo adicional por unos meses. Transcurrido ese tiempo, nos apropiamos de lo nuevo y cederlo se vuelve muy difícil, tanto por el valor extra que le asignamos como por el percibir el cambio como una pérdida.

Estos dos efectos confluyen en un sesgo más general: la “preferencia por el statu quo”. Obviamente, si nos ofrecen una situación mucho mejor que la actual, la aceptamos sin problema. Pero siempre que la mejora es pequeña o conlleva cierto grado de riesgo, la aversión a perder y el efecto de propiedad llevan a la mayoría de nosotros a pensar que “más vale pájaro en mano que cien volando”.

A fines de 2013 escribí un artículo en Riesgo y Recompensa titulado “¿Tendrá sentido que los niños estudien idiomas hoy en día?”. Allí presentaba el avance en los dispositivos que ya permite hablar en un idioma y que un aparato repita lo que dijimos en otra lengua. Un par de semanas después de publicado el post, una empresa presentó unos anteojos para “mirar” texto en otro idioma y verlo en el nuestro. Y más recientemente Microsoft anunció que planea adicionarle a Skype un traductor en tiempo real que facilite la conversación entre personas que hablan distintas lenguas. Si bien todavía su funcionamiento es imperfecto, la evolución de este tipo de dispositivos y software promete permitir en algunos años que dos personas puedan comunicarse de manera oral y escrita sin necesidad de aprender el idioma de la otra. Las reacciones al artículo, tanto en el blog como en redes sociales, fueron muy interesantes. La gran mayoría de los lectores sostuvo sin mucho espacio para la duda que sí hay que continuar enseñando idiomas a los chicos. En general argumentando una de dos razones: por un lado, muchos citaron investigaciones científicas que demuestran que estudiar idiomas favorece la plasticidad cerebral. Por otro, están quienes argumentaron que el fin del aprendizaje de una lengua no se agota en comunicarse, sino que sirve de puerta para conocer otras culturas e idiosincrasias diferentes.

Aun cuando estas justificaciones son posiblemente ciertas, no alcanzan para concluir que haya que enviar a nuestros hijos a una escuela bilingüe. Veamos por qué: si, como la primera justificación asume tácitamente, la meta de la enseñanza de idiomas es promover la plasticidad cerebral, no resulta obvio que para personas que tenemos el español como lengua materna sea el inglés el idioma que maximice ese efecto. Probablemente conviniera estudiar lenguajes ideográficos, como el chino o el árabe, con gramáticas y sintaxis muy diferentes de la nuestra. La razón por la que la abrumadora mayoría de los chicos de habla hispana estudia inglés es meramente pragmática: en el mundo de hoy (todavía) hablar inglés es un diferencial importante para el mercado laboral.

De la misma manera, si la meta de la enseñanza de un idioma fuera desarrollar la empatía, ¿por

qué todos debemos desarrollar empatía con el Tío Sam? Más aún: no resulta nada claro que los chicos que actualmente estudian idiomas en la escuela sean más empáticos que quienes no lo hacen. Repito: la razón para estudiar idiomas hasta aquí ha sido meramente pragmática, no filosófica.

Quiero hacer notar que el título del mencionado artículo de mi blog está expresado como una pregunta. Para mí, por ahora, no es obvia la respuesta. Sin embargo, la rapidez con la que los lectores intentaron dar por zanjada la cuestión me hace pensar que no fueron capaces de dejar que la pregunta realmente los interrogue. Por efecto de la resistencia al cambio, cuando una pregunta nos “mueve el piso” buscamos justificaciones rápidas que nos permitan afirmar que mantener el statu quo es el mejor curso de acción. Si encontramos alguna razón que parezca verosímil, elegimos creer en ella y dar el tema por cerrado. Buena parte del esfuerzo necesario para no resistir los cambios proviene de ser capaces de convivir con la incertidumbre y la angustia que genera mantener ciertas preguntas abiertas.

Finalmente, llevada al extremo la resistencia al cambio nos lleva muchas veces a desoír aquello que no nos gusta o a atacar directamente al mensajero. En 2012 fui entrevistado para la revista dominical del diario *La Nación*. En el transcurso de la charla hablé, entre muchos otros temas, de la posibilidad de que Google Translate tendiera a dejar sin trabajo a los traductores humanos. Muchas de las reacciones en los comentarios de la edición online incluían descalificaciones personales. Callar al mensajero es una decisión inconducente: “Desactivar la alarma no apaga el incendio”. Upton Sinclair aseguró hace casi un siglo: “Es difícil que una persona entienda algo cuando su sueldo depende de no entenderlo”. Sin embargo, me atrevo a decir que en este caso ocurrirá precisamente al revés: los que no puedan escuchar y cambiar a tiempo perderán antes y con más probabilidad el empleo. Su sueldo, a mediano plazo, depende de lograr entender y adaptarse a las transformaciones que se avecinan.

## **ABRAZAR EL CAMBIO COMO FILOSOFÍA DE VIDA**

Cuando regresé de la NASA y retomé mi actividad encontré de manera casual una imagen en internet: en ella se observaba a una persona distraída en sus pensamientos sobre la vía de un tren. Y al tren asomando en la lejanía. Esa imagen capturaba de algún modo la sensación con la que volví: en un momento como éste no podemos darnos el lujo de estar quietos y distraídos frente a lo que viene. Es necesario estar muy atentos y, llegado el momento, movernos, cambiar.

Sin embargo, los sesgos cognitivos influyen fuertemente nuestras elecciones, llevándonos en muchos casos a tomar decisiones inconvenientes. Algunos avances científicos y tecnológicos a nuestro alrededor significan mejoras evidentes. El correo electrónico es un buen ejemplo: lo usa casi

el 90 por ciento de las personas en el mundo desarrollado. Pero la mayoría de los cambios no tienen sólo efectos positivos o negativos: conllevan una ganancia, una pérdida y algún grado de riesgo. Cuando ello ocurre, la proporción de gente que elige quedarse anclada en el pasado es mucho mayor. Eligen no mirar si el tren viene, desoír las campanas que lo anuncian, incluso aferrarse a las vías. Nuestro cerebro nos tiende la trampa. La única solución a este problema es ser plenamente conscientes del modo en que operan los sesgos y trabajar de manera activa para minimizar su influencia.

En lo personal, encontré que la única manera de enfrentar mi propia resistencia al cambio es volverme un sistemático abrazador de lo nuevo, aun con los riesgos y esfuerzos que ello implica. De nuevo, un ejemplo. En 2012, cuando iba por la mitad de la lectura de un libro impreso, me compré un lector electrónico, ese mismo texto en versión *e-book* y seguí leyéndolo ahí. Podría haber terminado ese libro en papel y comprado el próximo en formato digital. Pero mi cambio era más profundo y radical: “A partir del día de hoy, nunca más en mi vida leo un libro en papel”. No se trató de una elección basada en mi gusto por el Kindle, sino en la razón opuesta: (todavía) no me gusta nada leer en ese dispositivo. Llevo cuarenta años desarrollando la habilidad “equivocada” de leer libros en papel, por lo que estoy profundamente arraigado a ese modo de hacerlo. Pero estoy convencido de que en el futuro la lectura pasará cada vez más por ese tipo de dispositivos electrónicos y que al libro en papel le quedan pocos años de vida. Si ése es el caso, no me puedo permitir estar desadaptado al mundo que viene. Reeducarme en mis hábitos de lectura tiene un alto costo psicológico y de tiempo, y lo quiero pagar cuanto antes. Éste es sólo un caso de los cientos que vivimos cotidianamente: todo evoluciona vertiginosamente y necesitamos estar a tiro de las herramientas nuevas. Cada cambio es, de algún modo, como subir un escalón. A nadie le gusta estar subiendo escalones todo el tiempo, pero si uno deja que la “altura” se acumule, llegará un momento en que el desafío será equivalente a tener que escalar un muro. Una vez que nos quedamos atrás, la subida se hace mucho más difícil.

Abrazar el cambio implica ser capaces de cuestionar incluso los supuestos más básicos. En 2012 asistí a una presentación sobre el creciente efecto de los dispositivos móviles en nuestra vida y cómo muchos de nosotros somos casi adictos al teléfono celular. Si hoy en día salimos de casa, nos alejamos y luego descubrimos que nos olvidamos el teléfono, ¡la sensación es peor que la del sueño recurrente de descubrir que salimos a la calle desnudos! La conferencia mencionaba cómo cada vez más parejas se forman y se rompen por mensajes de texto. Y cómo los adolescentes pueden estar en una fiesta en la misma sala y en vez de hablar se envían textos. En los cumpleaños, todos están concentrados en sus respectivas pantallas. La vinculación con los padres también se produce mayormente vía mensajes. La charla cerró con un comercial tailandés que muestra a varias personas

ensimismadas en sus teléfonos, al tiempo que sus seres queridos se vuelven invisibles, como si no estuvieran allí. Al salir de su ensimismamiento y hacer contacto visual con los demás, empieza a sonar una música alegre y suceden toda clase de cosas buenas. “Desconectate para conectarte”, concluía el aviso.

La presentación había sido apasionante, pero el cierre me decepcionó. De alguna manera, ese comercial tácitamente afirmaba que el nuevo modo de vincularse es malo y que la solución era volver el tiempo atrás, que las cosas fueran “como en los buenos, viejos tiempos”. Eso chocaba con mi filosofía de abrazar el cambio por el cambio mismo. Me acerqué al presentador y le dije que, en mi opinión, plantear que apaguemos el celular era patear la pelota a la tribuna. Desentenderse del verdadero problema. La cuestión no es dejar los dispositivos digitales, cosa que no va a suceder, sino analizar cómo hacemos algo que valga la pena con esto que nos pasa. Volver el tiempo atrás es imposible.

—Lo que pasa es que hay ciertas cosas que nunca deberían cambiar —se puso a la defensiva—. Cosas que son imprescindibles.

—¿Como qué?

—¡Como el abrazo de un padre a un hijo! —respondió, después de pensar unos segundos.

—De ninguna manera es imprescindible un abrazo de un padre a un hijo —repliqué, desafiando incluso mi propio sentido común y mi experiencia personal—. ¿O acaso tu abuelo abrazaba a tu papá?

*Para mí* es imprescindible abrazar a mis hijos. Pocas cosas me llenan tanto de dicha como expresarles mi afecto de esa manera. Pero es importante no confundir el fondo con la forma: el afecto es imprescindible pero la manera de expresarlo cambia en el tiempo. El hecho de que yo elija expresar mi amor de ese modo no debe hacerme creer que ésa es la única ni la mejor manera de hacerlo. De hecho, no hace falta volver tan atrás en el tiempo para encontrar costumbres muy diferentes de las nuestras. La crianza de muchos chicos en aquel entonces parecía bastante alineada con esos preceptos: mi mamá siempre cuenta que ella no podía sentarse con los adultos a la mesa. Comía en la cocina, separada de sus padres. La generación de nuestros abuelos no abrazaba a la de nuestros padres y tan mal no salieron. Hoy mismo, en algunas comunidades más tradicionales, sigue existiendo esa distancia y un vínculo donde el afecto y el respeto se expresan de una manera muy distinta. Sin embargo, por alguna razón a nuestros padres se les ocurrió abrazarnos e invitarnos a su mesa. Esos nuevos hábitos nos gustaron y decidimos repetirlos con nuestros hijos. Pero eso no quita que tal vez ellos decidan reemplazar los abrazos por otro tipo de vínculo para comunicarse con sus propios hijos. Como los mensajitos de texto. Y, por más que a mí y tal vez a vos nos resulte chocante, no es malo por definición que así sea. Si vamos a intermediar el contacto físico entre padres e hijos

es mejor que sea con un mensaje de texto y no con un zapato o un cinturón, como también era común un par de generaciones atrás.

Para un hijo, el amor de alguien que cumple la función parental sí es imprescindible. Pero ese amor puede expresarse de maneras muy diferentes a lo largo del tiempo. Tendemos naturalmente a pensar que aquello que funcionó para nosotros tiene que ser un componente esencial e inmutable para la humanidad en toda época y en toda geografía y no es así. Cuando nuestros abuelos veían que nuestros papás nos abrazaban, tal vez miraban esa conducta con extrañeza y pensaban ¡qué horror!, ¡cómo los malcrían!, ¿qué va a ser de estos chicos cuando sean grandes? Esa extrañeza es la misma que hoy nos lleva a ver a nuestros chicos prendidos todo el día a un dispositivo y pensar que son “autistas”. Pero no es así.

Existe un incentivo final para que los padres abracen el cambio: deben comunicarse con sus hijos “en su idioma”. Si la mejor manera de vincularnos con ellos a través de mensajes de texto, es preferible vencer la barrera y aprender a relacionarse de ese modo antes que intentar forzarlos a mantener nuestros códigos. Confesemos una verdad de nuestro tiempo: pasada la edad temprana en que dependen de nosotros en todo sentido, nosotros los necesitamos a ellos más que ellos a nosotros.

Tal como ocurre con el ejemplo de la escritura gráfica mencionado en el capítulo de educación o con la adaptación a los *e-books*, el cambio incomoda, perturba. El ejercicio ante eso es intentar abrir la cabeza, no rechazar lo nuevo ni tratar de volver el tiempo atrás.

## REINVENTARNOS PARA SOBREVIVIR

Quizá donde más evidente sea el daño que produce la incapacidad de entender la película, balancear el corto y el largo plazo y vencer la resistencia al cambio sea el ámbito de los negocios. Las personas generalmente pagan un precio pero no mueren producto de sus malas decisiones. Las empresas sí.

En la historia reciente el caso más paradigmático posiblemente sea el de Kodak. Nacida hace más de 130 años, Kodak fue por décadas el líder indiscutido de la industria fotográfica mundial. Gozaba de tal preeminencia en su mercado que parecía que nada podía hacerla tambalear. Nada externo, claro. Sólo su propia incapacidad de cambiar.

El modelo de negocio de Kodak era vender las cámaras a un precio relativamente bajo para ganar dinero a través de la venta de rollos de film y su revelado. Sin embargo, el principio del fin comenzó por la llegada del mundo digital, tema central de este libro. En 1975, alguien inventó el primer prototipo de cámara digital. ¿Quién fue? ¡Un ingeniero de Kodak, por supuesto! Después de todo eran los líderes mundiales, los más avanzados del mundo en esta industria. Durante gran parte de la

década del 80 las cámaras continuaron mejorando, en gran medida gracias a invenciones y patentes de la propia empresa. Pero tanta innovación en el plano tecnológico jamás fue acompañada de una reinversión equivalente en el plano de su modelo de negocio, fuertemente dependiente de la rentabilidad de los rollos y el revelado que las cámaras digitales prometían desterrar. Amenazada por la transformación digital, Kodak vio cómo se reducían sus ganancias y cedió participación de mercado ante empresas japonesas como Canon, Nikon y Sony. Hasta tal punto fue superada que en 2004 tuvo que adquirir la empresa Chinon, sólo para intentar seguir siendo competitiva.

En su intento por mantener con vida el negocio de los rollos y el revelado puedo imaginar las conversaciones en las reuniones gerenciales: “¡Hay que explicarle al consumidor! La calidad de las fotos no es igual. Las fotos digitales no tienen el mismo encanto que las analógicas”. Pero el consumidor entendió las ventajas. ¿Quién se imagina ahora esperar tres semanas para ver cómo salió la foto, pagando un alto precio antes de saber si la imagen es buena?

De hecho, la baja radical en el costo de tomar fotografías generada por la digitalización hizo que en la actualidad tomemos decenas de veces más fotos que antes. Sitios como Flickr e Instagram popularizaron las imágenes a niveles impensados. En este momento de apogeo máximo de la fotografía, la mayor empresa de este rubro en la historia terminó en 2012 presentándose en bancarota. Gigantesca paradoja generada por la dificultad de reinventarse. La performance en ese mismo período de las acciones de empresas competidoras que enfrentaban el mismo desafío muestra que la debacle no era en absoluto inevitable. Y el auge de nuevos modelos de negocio vinculados con la fotografía, como los mencionados Instagram o Flickr, confirma que la oportunidad de crear valor seguía siendo enorme.

Sin embargo, más recientemente la digitalización generó un nuevo cambio: incorporando una cámara de razonable calidad en cada smartphone, la era de las cámaras de fotos como dispositivo en sí mismo parece estar ahora amenazada. Al igual que sucedió con Kodak, si Canon no puede reinventarse posiblemente siga el mismo camino. Empresas como Lytro pugnan hoy por transformar lo que entendemos por “foto”.

Este ejemplo está lejos de ser el único. El proceso generado por la digitalización de la música fue muy similar: un bien que era analógico y se vendía en discos, casetes y CDs se vuelve digital con la llegada del MP3. ¿Cómo reaccionaron los sellos discográficos, eternos dueños del negocio hasta ese momento? ¡De la peor manera posible! Intentando detener el tren. Se apresuraron a llamar a sus abogados e iniciar juicios contra sus propios consumidores, intentando demostrar que estaban dispuestos a utilizar todo su dinero y estructura para obligarlos a consumir música de la manera que a ellos les convenía.

De repente, apareció Apple. Hace apenas diez años, la empresa de la manzanita no tenía nada que

ver con el negocio de la música: sólo hacía computadoras y sistemas operativos. Pero Steve Jobs vio el nuevo negocio y calladamente lanzó en 2003 el iTunes Music Store. ¿Por qué comprar todo un disco si sólo me gusta una canción?, pensaron algunos. ¿Por qué pagar por la música si puedo bajarla gratis de Napster?, razonaron otros. iTunes atacó ambos problemas forzando a los sellos a aceptar la venta de canciones individuales y bajando el precio para limitar hasta cierto punto la piratería. Las ventas de CD se desplomaron e iTunes domina desde entonces el mercado de la música. Mientras la acción de Apple se valorizó enormemente entre 2003 y 2013, las de los sellos discográficos colapsaron.

El proceso de digitalización ha ido produciendo efectos similares industria tras industria. En el terreno de la distribución de video, Netflix arrasó con Blockbuster. Sin embargo, cuando nuevas áreas se digitalizan, las empresas repiten el error. En este preciso momento está sucediendo con la impresión 3D. Los dueños de los derechos de ciertos bienes físicos fácilmente replicables por una impresora 3D atacan a The Pirate Bay por distribuir gratuitamente los modelos que permiten imprimirlos. No aprendieron que terminar con Napster no frenó la piratería. Recientemente Moulinsart, dueña de los derechos intelectuales del personaje Tintín, intentó accionar legalmente contra el sitio Thingiverse por razones similares. Si Moulinsart quiere seguir teniendo un negocio de aquí a unos años debería, en vez de tratar de frenar el tren, convertirse en la mejor proveedora de modelos tridimensionales de Tintín, superando la calidad de los que están disponibles en los otros sitios y a un precio que haga inconveniente el esfuerzo de piratear.

Como dijo Kim dot com, el polémico fundador de Megaupload: “Tratar de frenarme con juicios es como meter tu mano en el río. No se puede frenar un río con la mano. El agua simplemente fluye alrededor”.

De alguna manera, en nuestra vida cotidiana experimentamos el mismo fenómeno que atravesaron estas empresas. Tanto en el plano personal como profesional, el mundo digital nos invade: cambia la manera ideal de hacer las cosas, altera modelos de negocio. Ante cada una de esas situaciones, nos obliga a tomar una decisión: ¿Queremos ser Apple o Warner? ¿Queremos ser Kodak o Canon?

La difícil moraleja de esta historia es que si alguien va a matar tu modelo de negocio (o, en el plano individual, eliminar tu fuente de supervivencia) es mejor que seas vos mismo quien lo haga. Con todo el dolor que implica dejar de lado la “fórmula del éxito” que nos funcionó hasta aquí, saber cuándo dejarla, incluso a costa de perder dinero en el corto plazo, se convierte en la nueva clave de la supervivencia.

**PRIORIZAR LA SOSTENIBILIDAD**

Uno de los desafíos que podría interponerse en nuestro camino sería una catástrofe ecológica. Así como el humo de las fábricas ennegreció los cielos del mundo en los momentos más intensos de la Revolución Industrial y la fabricación de aerosoles, heladeras y aires acondicionados casi acaba con la capa de ozono, otros avances anteriores pusieron en riesgo la vida como la conocemos. El impacto que hemos experimentado sobre el mundo hasta ahora, por grande que parezca, es pequeño al lado del que tendremos en los años por venir.

Situémonos en 2033 e imaginemos dos escenarios posibles:

En el primero...

- El aire está altamente contaminado. El clima de la Tierra continúa calentándose. Un gran número de especies desaparece por efecto de las alteraciones a sus ecosistemas.
- El agua prácticamente no se consigue y es uno de los productos más caros. Los países van a la guerra para conseguirla.
- Los combustibles fósiles se acabaron y la economía está estancada por falta de energía para seguir creciendo.

En el segundo...

- La electricidad y los combustibles son gratuitos.
- Se descubrió una manera económica de potabilizar el agua de los mares.
- Ya no existe el miedo por el futuro del planeta.

Mientras los medios masivamente discuten los peligros que generamos los propios humanos alterando el clima, depredando los recursos e interviniendo los ecosistemas, otro grupo de gente con menos exposición mediática argumenta que estamos a punto de solucionar los mayores problemas de la humanidad.

¿Cuál de estos dos mundos nos esperará? ¿El catastrófico? ¿El optimista? Lo difícil a la hora de tomar partido en este asunto es que los especialistas tampoco se ponen de acuerdo. En su edición de 2013, la conferencia TED armó un interesante contrapunto. En un rincón, Peter Diamandis, fundador de Singularity University, cultor de la teoría de la abundancia y autor de un libro que no podía llamarse de otra manera que no fuera, precisamente, *Abundancia*. En el otro, Paul Gilding, ex líder global de Greenpeace, que nos debe la autoría de un libro llamado *Escasez*, para que podamos lograr un equilibrio perfecto.

En su exposición Diamandis asegura que, por el sutil encanto que ejercen sobre nosotros las

noticias negativas, los medios se ocupan casi exclusivamente de dar malas noticias. El exceso de noticias negativas, explica, produce una distorsión que no nos permite analizar que en los últimos cien años duplicamos el promedio de vida, triplicamos el poder adquisitivo promedio, disminuimos diez veces la mortalidad infantil, accedimos a la comunicación a costos miles de veces inferiores y logramos que la población mundial alfabetizada pase del 25 al 80 por ciento.

¿Suenan ridícula la idea de acceder a energía gratis en el futuro? Seguramente tan absurda como sonaría el concepto de Skype, que permite hablar y ver gratis a cualquier persona en cualquier lugar del mundo, para quienes treinta años atrás debíamos esperar dos o tres horas para que la operadora nos comunicase en una llamada de larga distancia de costo sideral.

Lo que ocurre, según Diamandis, es que los seres humanos somos buenos para detectar nuestros problemas y resolverlos. Y si uno proyecta los avances que vienen en los próximos veinte años, descubre que las cosas sólo pueden mejorar. Además, para ser consecuente con sus ideas, maneja una empresa, Planetary Resources, que investiga la existencia de metales en determinados asteroides y las estrategias para poder traerlos luego a la Tierra. Porque este especialista también sostiene que otro error de los apocalípticos es mirar el planeta Tierra como un sistema cerrado al que se le están por acabar algunos recursos, cuando en realidad hay muchísimas cosas por explorar “afuera”. La escasez siempre fue contextual. En la época de Napoleón III (siglo XIX francés), el aluminio era más caro que el oro. Luego, cuando los humanos descubrimos el proceso industrial para fabricarlo con bajo costo, se convirtió en el material con el que se confeccionan las latas de gaseosas descartables. Es decir, se toma el líquido y el aluminio se tira a la basura (o se manda a algún sistema de reciclaje).

Gilding, por su parte, asegura que estamos usando más de un planeta Tierra y que, debido a la actividad económica, lo que consumimos es más de lo que se puede reponer en el tiempo. Es como si una casa gastara una vez y media la plata que ganan sus habitantes. Además, sostiene, creemos que el crecimiento económico es la base del desarrollo y que puede ser infinito, olvidando que habitamos un planeta finito. Las proyecciones dicen que la economía mundial cuadruplicará a la actual al cabo de las próximas cuatro décadas. Eso, para Gilding, es riesgo de quiebra, de ausencia de recursos, de agotamiento.

¿Tenemos capacidad para reaccionar? El ex líder de Greenpeace sostiene que no, porque hace ya cincuenta años que escuchamos las advertencias y todavía no comenzamos a hacer nada. Para este experto, lo único que puede empujarnos a producir un cambio es el miedo. Pero como la mayoría de las personas no sienten la inminencia de un desastre, como sus vidas cotidianas no cambian mucho, entonces evitan actuar. Hablamos del calentamiento global y del exceso de basura que producen las ciudades, es cierto, pero no representan una amenaza en el día a día. Al Gore da una charla y muestra

fotos terribles de deshielos. El público se impacta, pero sólo se queda con el hecho de haber visto fotos terribles, no con lo que en verdad significan.

¿Alguna vez la humanidad salió de esta abulia? Hay casos recientes, como cuando se logró la eliminación del CFC de los aerosoles y artefactos de refrigeración, es decir, del componente que, se sospechaba, estaba dañando la capa de ozono. ¿Dónde estuvo el miedo en este caso? En que uno volvía de sus vacaciones y tenía la piel ampollada.

Podemos mencionar otros ejemplos más drásticos. Estados Unidos demoró todo lo que pudo su ingreso a la Segunda Guerra Mundial. Pero apenas recibió un ataque, el de Japón a Pearl Harbor, la población entró en pánico y ya no hubo lugar para la duda. En el plano personal, es común que una persona deje de fumar luego de alguna condición médica que le dejó un susto de novela. Por esta razón, para Gilding, la teoría de Diamandis es, además, peligrosa. Porque si los cambios necesarios para evitar la hecatombe surgen del miedo, y Diamandis se ocupa de quitar el pánico a la gente, las catástrofes serán inevitables. De hecho, Greenpeace es consecuente con la generación de temor desde sus campañas publicitarias, precisamente para estimular la acción, oponiendo el miedo a la complacencia.

Quizá la clave para determinar qué escenario nos toque vivir dependa fundamentalmente de resolver el dilema de la energía. Hoy consumimos principalmente hidrocarburos fósiles, no renovables y dañinos para el medio ambiente. Cada vez son más escasos, lo que los vuelve inaccesibles. Además, los trabajos de exploración adicional que hacen las petroleras para sacar jugo a los campos suelen ser cada vez más perjudiciales para la naturaleza. Si lográramos desarrollar velozmente energías limpias y baratas, se produciría un cambio radical en el panorama económico mundial.

Una de ellas es la solar. El Sol nos aporta de manera continua y gratuita 3,85 millones de exajoules de energía, varios miles de veces lo que consumimos actualmente. El desafío es capturarla mejor de lo que se hace hoy con los paneles existentes. Japón está muy avanzado en la experimentación necesaria para obtener energía solar espacial, capturando la radiación solar directamente en el espacio, para transmitirla luego de manera inalámbrica a la Tierra. El daño a la central nuclear de Fukushima como resultado del terremoto y tsunami de 2012 los llevó a acelerar este proceso. De hecho, ya se anunció que alrededor de 2030, la agencia aeroespacial de ese país (JAXA) pondrá en órbita un sistema de este tipo. En palabras del experto Susumu Sasaki: “Si la humanidad adopta la energía solar espacial, un grupo de satélites en órbita podría proveernos de energía casi ilimitada, terminando con los mayores conflictos sobre los recursos en la Tierra. Al poner más maquinarias de la vida diaria en el espacio, comenzaremos a crear una civilización próspera y pacífica más allá de la superficie del planeta”.

La otra alternativa es la fusión nuclear. Hoy las centrales nucleares trabajan con el mecanismo de la fisión: toman uranio enriquecido, un material atómicamente muy pesado e inestable, y separan su núcleo en dos partes, lo que libera una gran cantidad de energía. La fusión es el proceso contrario: la unión de dos átomos de hidrógeno en uno de helio. Para lograr que se unan todavía es necesario aplicar más energía que la que se obtiene como resultado. Pero se está trabajando en revertir la ecuación.

Con cualquiera de estas dos energías que podamos desarrollar en los próximos años, aumentaremos significativamente las chances de desembocar en un escenario de abundancia. Porque eliminaríamos la necesidad de muchas industrias contaminantes, pero también porque muchos de los demás problemas dejan de serlo si se dispone de energía abundante y de bajo costo. Un buen ejemplo es la escasez de agua. Si bien se estima que sólo el 0,5 por ciento del agua del planeta es dulce, el 70 por ciento de la superficie del planeta está cubierta por agua salada. La escasez de agua se debe a que desalinizarla es muy caro, ya que demanda mucha energía. En un escenario donde ésta sea abundante, barata y limpia, encarar ese proceso no representaría un problema.

## **EL FUTURO QUE ESPERAMOS: UN MUNDO PARA TODOS**

Un enfoque final que no puede quedar de lado a la hora de pensar el futuro: las consecuencias éticas de los cambios que se vienen. Es decir, qué vamos a hacer con todas las posibilidades que se nos presentan.

Cuando Keynes, en el ensayo mencionado en el capítulo anterior, hablaba de las posibilidades económicas que vislumbraba para sus nietos y su chance de vivir en abundancia, hablaba de nosotros. Y si bien en muchos sentidos sus proyecciones están comenzando a materializarse, quedan pendientes dos aspectos del mundo que él imaginaba.

Por un lado, Keynes veía que parte de la solución al problema de la escasez incluía una reducción del deseo humano por los bienes materiales. “Cuando la acumulación de riquezas ya no tenga importancia social (...) podremos dar a la motivación por el dinero su verdadero valor.” En su visión, el amor al dinero como fin en sí mismo y no como medio sería visto como una conducta “enfermiza y desagradable, una propensión semicriminal y semipatológica”.

Por otro, no imaginó que un fuerte progreso económico como el que experimentamos desde 1930 pudiera ir acompañado de un aumento tan significativo de la desigualdad. Aun cuando previó que la llegada del ocio sería gradual y no para todos al mismo tiempo, resulta claro que la idea de que un grupo de gente fuera a quedar excluida de manera permanente no pasó por la cabeza de Keynes.

Vivimos en un mundo que desborda de pobreza y de miseria. Casi la mitad de la población mundial, más de 3.000 millones de personas, vive con menos de 75 dólares por mes. Ocho de cada diez seres humanos no superan un ingreso mensual de 300 dólares. La causa, sin embargo, no es que el mundo no sea capaz de generar suficientes recursos para todos sino que hemos sido incapaces de hacer que éstos sean accesibles a la totalidad de la población. Las estadísticas sobre la desigualdad en la distribución de la riqueza son escandalosas. De acuerdo con datos del Banco Mundial, el 20 por ciento más rico de la población consume el 77 por ciento de los bienes que se producen, mientras que el 20 por ciento más pobre apenas accede al 1,5 por ciento. Un informe presentado en 2014 por la ONG Oxfam detalla los siguientes datos:

- Casi la mitad de la riqueza total del mundo está hoy en manos de 1 por ciento de la población, un total de más de 110 billones (diciendo billones en sentido latino, es decir, millones de millones) de dólares.
- La riqueza de ese 1 por ciento equivale a 65 veces más de lo que tiene la mitad más pobre de la población mundial. Esos 3.500 millones de personas tienen una riqueza equivalente a la que disfrutaban las 85 personas más ricas.
- Para hacer la situación aun peor, el estudio realizado por Oxfam muestra que en los países relevados el problema es cada vez más agudo y que la desigualdad está creciendo con el paso del tiempo. En efecto, en 24 de los 26 países en los que se realizó el estudio, el 1 por ciento más rico aumentó su participación porcentual en la riqueza total desde 1980 a la fecha.

Hace ya tiempo que con la tecnología actual sería técnicamente posible prevenir muchísimas muertes por causas evitables como la diarrea o las enfermedades respiratorias que aún matan de a millones en el Tercer Mundo. También sería factible eliminar la desnutrición. Apenas el uno por ciento del gasto mundial en armamentos bastaría para eliminar el analfabetismo. Pero nada de ello ocurre. Estos ejemplos muestran que el hecho de que algo sea tecnológicamente posible no hace que ocurra o que suceda para todos por igual. En palabras del escritor William Gibson: “El futuro ya llegó. Es sólo que no está parejamente repartido”.

Por lo tanto, si va a ser posible mejorar el cuerpo y la mente o extender la vida, pero “no lo cubre el seguro médico”, lo único que se logrará será ampliar las brechas sociales actuales hasta niveles impensados. El cuerpo funcionó hasta aquí, después de todo, como un gran igualador: tanto ricos como pobres tienen cerebro, manos, ojos, orejas, de las mismas características... Si todas estas posibilidades de mejora resultan disponibles sólo para un grupo limitado de gente, eliminaremos esa paridad y construiremos un mundo mucho peor que el que tenemos hoy.

RECORDÁ QUE PODÉS VER TODAS LAS REFERENCIAS Y MATERIAL MULTIMEDIA DE ESTE CAPÍTULO EN:  
[HTTP://LIBRO.BILINKIS.COM/CAP11](http://libro.bilinkis.com/cap11)

**EPÍLOGO**  
**CONSTRUYENDO EL FUTURO**

Los avances científicos y tecnológicos que se avecinan en los próximos años van a permitirnos modificar los aspectos más sensibles de la especie humana en particular y de los seres vivos en general. Podremos diseñar criaturas, crear nuevas especies, modificar y mejorar nuestros cuerpos y nuestras mentes, desarrollar nuevas formas de inteligencia (no biológica) o terminar con la muerte. Durante miles de años, las personas creyentes consideraron que todas esas tareas eran obra exclusiva de Dios. Los no creyentes las atribuimos a la selección natural, los fenómenos emergentes y otras fuerzas no sobrenaturales. Pero todos reconocíamos que, hasta ahora, ni la vida ni la inteligencia son producto del diseño ni la acción humana. Estamos cerca de romper ese paradigma. Contaremos con una enorme libertad para transformar el mundo como lo conocemos. Pero toda libertad conlleva una responsabilidad de igual magnitud.

Si bien tiendo a sentirme más cerca de la visión optimista de Diamandis y Singularity University sobre el futuro, tengo mis reservas. Es que comparto con Gilding la idea de que el optimismo, si no está fuertemente anclado en hechos, puede resultar peligroso. Como él sostiene, un riesgo es que, subidos al carro triunfal de las tecnologías, subestimemos la magnitud de los problemas actuales y no les prestemos la debida atención. Pero en mi opinión hay otro riesgo, como mínimo, igual de grave: minimizar los peligros que acompañan a las tecnologías nuevas.

Shane Legg, fundador de DeepMind, empresa pionera en inteligencia artificial adquirida por Google a comienzos de 2014, lo dice sin disimulo: “En el largo plazo yo creo que la humanidad se va a extinguir y la tecnología va a jugar un rol en eso”. En un impactante artículo al respecto, el célebre físico y cosmólogo Stephen Hawking nos advierte: “Es tentador desechar la idea de que existan máquinas de gran inteligencia como mera ciencia ficción. Pero eso sería un error, y potencialmente el peor error en nuestra historia. (...) El éxito en crear una IA (general) sería el mayor evento en la historia de la humanidad. Pero también podría ser el último...”.

El proceso está en marcha y es imparable, para bien y para mal. Así, Google, la empresa creadora del buscador más usado de internet, cada vez más profundamente lanzada al desarrollo de la IA, continúa comprando todas las empresas más avanzadas en robótica e IA, incluso convirtiendo desarrollos que eran de dominio público en proyectos privados y completamente secretos. Pero, al mismo tiempo, consciente de los peligros y de la responsabilidad que le cabe, el gigante recientemente tomó una decisión sorprendente y sensata: creó un directorio integrado por personas

externas a la empresa, específicamente destinado a supervisar los riesgos éticos y existenciales propios del desarrollo de esta tecnología.

La biotecnología, la nanotecnología, la inteligencia artificial, la robótica, todas ellas conllevan posibles riesgos para la existencia. Tal como advierte Hawking, un mal paso en estos terrenos puede ser el último que demos como especie. Muy pocas personas trabajan hoy para minimizar ese peligro. La Fundación Lifeboat (Bote Salvavidas), cuyo consejo consultivo integro, tiene precisamente esa meta: “Promover el avance científico, ayudando a la humanidad a evitar riesgos existenciales y posibles usos nocivos de las tecnologías más peligrosas”. Hace falta mucha más gente y más recursos destinados a estos fines si queremos “jugar” este juego y vivir para contarlo. Una de las hipótesis que intentan explicar por qué no se observan señales de otras civilizaciones inteligentes en el Universo sostiene que, tal vez, en términos cósmicos el tiempo que pasa desde que una especie logra desarrollar una inteligencia elevada hasta que ella misma la conduce a la autodestrucción sea apenas un abrir y cerrar de ojos.

A título personal, creo que seremos capaces de resolver, si no todos, la mayor parte de los problemas que hoy nos preocupan, incluso los que parecen insolubles. Pero también pienso que en el proceso de remediar aquellos, generaremos otros potencialmente más graves. La tecnología es siempre una espada de doble filo y cada cambio que soluciona algo genera efectos secundarios no planeados ni deseados que alteran otros aspectos de ese sistema complejo que es la vida. Nos espera por delante un camino grandioso y desafiante, estimulante y riesgoso.

En un reportaje televisivo que me hicieron hace un tiempo, el periodista me preguntó: “Si uno de tus hijos te pregunta: ‘Papá, ¿cómo va a ser el futuro?’, ¿qué le responderías?”. Después de pensar un momento, respondí: “Le diría: ‘El futuro no está escrito. El mundo que tengamos dependerá de las decisiones que tomemos’”.

El poder para diseñar otro mundo mejor que el que tenemos está en nuestras manos. Por eso es esencial que los líderes políticos, empresarios, religiosos y sociales, pero también cada uno de nosotros, estemos informados sobre los cambios que la ciencia y la tecnología introducen diariamente en nuestra vida y que nos mantengamos interesados y atentos a las posibles consecuencias de su aplicación. El mayor y verdadero peligro es, frente a situaciones complejas, tomar decisiones descuidadas y desinformadas.

Creo que la humanidad no está “condenada al éxito”, como afirmó alguna vez un ex presidente argentino hablando del destino de esta sufrida nación. No podemos dar por sentado que las cosas saldrán bien. Pero tampoco hay razón para caer en el desaliento: no estamos condenados al fracaso, la extinción o el apocalipsis. Tenemos en nuestras manos la gran oportunidad de terminar de materializar los aspectos incumplidos de la optimista visión de Keynes: construir un mundo de

abundancia, moderando a la vez nuestro actual consumismo extremo, redistribuyendo el ingreso para erradicar la pobreza. Si nos abocamos a estas metas con determinación, podremos “solucionar el problema económico” de un modo sostenible y para todos, y así “lograr vivir sabiamente, de manera agradable y buena” como Keynes idealistamente propuso hace casi cien años.

Desde que me dedico a analizar y a discutir el impacto a futuro de la ciencia y la tecnología en nuestras vidas, me encuentro de manera recurrente, en mis conferencias y notas escritas, con preguntas sobre lo que va a suceder de aquí en más. Quiero en este punto hacerte notar que, si bien éste es un libro acerca del futuro, no es un libro de futurología. Casi todo lo que leíste en las páginas anteriores son cosas que ya sucedieron. En algún momento me permití conjeturar un poco acerca de lo que viene pero, en cierto sentido, éste es más un libro de historia muy reciente que de predicciones futuras. Estoy convencido de que nuestro trabajo hoy no es tratar de leer en una bola de cristal el destino que nos espera, como si el libreto de que lo viene ya estuviera escrito. Parafraseando a Alan Kay, experto en informática y uno de los pioneros de la computación científica, lo importante del futuro no es predecirlo. Es construirlo. Este libro apunta a darte la información y las herramientas para que el futuro lo escribas vos. Somos muy afortunados: probablemente no haya existido hasta hoy un momento más excitante para estar en este mundo que el que nos tocó. Espero haberte despertado la inquietud por vivir a fondo los increíbles tiempos que vienen y a no quedarte como simple espectador de la más apasionante y riesgosa película jamás escrita. Todos y cada uno de nosotros podemos tener un rol protagónico en el desafío de construir el mañana que soñamos.

Bilinkis, Santiago

Pasaje al futuro. - 1a ed. - Buenos Aires : Sudamericana, 2014

(Ensayo)

EBook.

ISBN 978-950-07-5021-9

1. Ensayo Argentino. I. Título

CDD A864

Edición en formato digital: noviembre de 2014

© 2014, Penguin Random House Grupo Editorial

Humberto I 555, Buenos Aires.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de la editorial.

ISBN 978-950-07-5021-9

Conversión a formato digital: Libresque

[www.megustaleer.com.ar](http://www.megustaleer.com.ar)



Cubierta

Portada

Epígrafe

Agradecimientos

Introducción

El shock del futuro

El origen de este libro: cómo llegué al futuro

Aclaraciones finales antes de comenzar

Parte 1. Conociendo lo que viene

Capítulo 1. El pasado, el y el futuro

El futuro que no fue

Soñando con los autos voladores

El desencanto de las predicciones fallidas

Decepción apocalíptica: el Y2K

El inicio del cambio

La imprevisible fuerza del crecimiento exponencial

La realidad supera a la ficción

La caída exponencial de los costos

La paradoja del presente

El fin de la evolución lineal de la especie humana: 50 años que valen por 5.000

La era de la ciencia exponencial

El futuro del futuro

Capítulo 2. Biología sintética y el lenguaje de la vida

Nuestros amos, los genes

Biología sintética: rediseñando seres vivos

La frontera: creando seres nuevos

El enorme poder transformador de programar vida

Construye tu propia criatura

Borrando el límite entre biología y electrónica

El ADN como arma y otros peligros

Reinventando la evolución

Capítulo 3. El futuro de la salud y el tuneo del cuerpo

De brujos y médicos

“M’hijo el doctor”

La asimetría invertida: los pacientes al poder

Redes sociales y salud: me pasa lo mismo que a usted

Medir la propia salud: quantified self

Secuenciamiento del genoma humano: genoma para todos  
Construyendo el mapa de la salud y la enfermedad  
De curarnos a repararnos  
De repararnos a mejorarnos  
La robótica le gana a la biología

#### Capítulo 4. El hackeo de la mente

El orden emergente y el origen de la inteligencia  
Cómo funciona (y cómo falla) nuestra mente  
¡Perdón! Acá iba un título pero me olvidé cuál era...  
Las fallas de la memoria y los mecanismos de manipulación  
Los tres grandes mitos sobre cómo tomamos decisiones  
La mente y la fallida búsqueda de la felicidad  
Una mente mejorable  
En busca del sexto sentido  
Cerebros en red  
Cuando es mejor no recordar: la píldora para el olvido  
Memoria: inserte la tarjeta en la ranura  
La manera más rápida de aprender  
¿Dónde está el límite de lo humano?

#### Capítulo 5. La inteligencia de las computadoras y la llegada de los robots

Inteligencia = lo que las computadoras no hacen  
La inteligencia artificial es omnipresente  
Ajedrez: Computadoras 1 – Humanos 0  
Jeopardy!: Computadoras 2 – Humanos 0  
Computadora inteligente + un cuerpo = robot  
Robots para estar en lugares imposibles  
Robots que ayudan en la casa  
Robots que nos acompañan  
Robots que nos curan  
Robots que nos entretienen  
Robots para la guerra  
La IA simple como fenómeno emergente

#### Capítulo 6. Máquinas que piensen... ¿Máquinas que sientan?

Computadoras inteligentes... en serio  
La carrera por entender el cerebro  
Explorando los mecanismos de la inteligencia  
El test de Turing  
¿La singularidad está cerca?

Computadoras con emociones, conciencia y derechos

## Capítulo 7. La extensión de la vida

La tecnología más lenta de todas

El camino a la inmortalidad

Cambiando la lógica para vivir más

Los ratones son eternos

Cambiando repuestos

Fabricando células madre

¡Éramos pocos y llegó... Google!

Los respirocitos: vivir respirando casi nada

Gimnasia cerebral: si vamos a vivir tanto, vivamos bien

Los riesgos y dilemas de un mundo eterno: la superpoblación

Los riesgos y dilemas de un mundo eterno: los desafíos sociales

¿Quién quiere vivir para siempre?

## Capítulo 8. El futuro a la vuelta de la esquina

Nadie está a salvo del futuro

Los autos autónomos: el impacto en nuestra vida diaria

La impresión 3D: la nueva revolución industrial

Bitcoins: la revolución del dinero digital

Realidad aumentada: enriqueciendo el mundo con datos

Big data: la revolución informativa

Internet de las cosas: dotando de autonomía a los objetos

Preparándonos para el futuro

## Parte 2. Preparándonos para el futuro

### Capítulo 9. Reinventando la educación: nuevos contenidos nuevas formas

Escuelas del siglo XIX en el XXI

Aprender en la era de internet

Las grandes barreras para la educación del futuro

¿Es necesaria la educación formal?

A la búsqueda de nuevas formas

Aprender jugando

Generar preguntas, no dar respuestas

Generar creadores, no consumidores

Generar “articuladores”, no repetidores

Aprender a programar es aprender a pensar

Desarrollar el pensamiento crítico

Atreviéndonos a cuestionar hasta lo más básico

El enorme desafío por delante

## Capítulo 10. Computadoras vs. Humanos 3: el futuro del ¿empleo?

Primer round: el fin del trabajo repetitivo

Del campo a la fábrica, de la fábrica a la oficina, de la oficina a...

Segundo round: ¿el fin del trabajo intelectual y cognitivo?

¿Qué carreras deberíamos estudiar? el conflicto entre vocación y empleo

¿Y ahora de qué trabajamos?

La separación del ingreso y el trabajo

¿Hacia el “pleno desempleo”?

Ante el verdadero gran reto

## Capítulo 11. Guía para sobrevivir al futuro

¿Y ahora qué hacemos?

Analizar la foto, imaginar la película

Balancear el corto y el largo plazo

Enfrentar la resistencia al cambio

Abrazar el cambio como filosofía de vida

Reinventarnos para sobrevivir

Priorizar la sostenibilidad

El futuro que esperamos: un mundo para todos

Epílogo. Construyendo el futuro

Créditos