

# ¿Alguna novedad?

*David Orban*

La tecnología creó la humanidad	2
Los métodos de conocimiento	14
Cambio exponencial	19
Inteligencia artificial	30
Inteligencia General Artificial	36
El poder de la evolución	51
Evolución conjunta de las máquinas y los humanos	59
¿Qué debemos hacer hoy?	75
¿Qué debemos hacer mañana?	82
¿Qué debemos hacer pasado mañana?	85

© 2018 David Orban

<http://davidorban.com>

<http://singularitybook.net>

*Published under Creative Commons Attribution License*

*Es ciertamente tentador estar de acuerdo con la sensatez de la actitud nihil novum sub sole (nada nuevo bajo el sol). Pero alguna que otra vez suceden cosas realmente nuevas a nuestro alrededor y es de suma importancia que las reconozcamos y seamos capaces de entenderlas correctamente. La próxima era de la inteligencia artificial es este componente fundamental de nuestro mundo.*

## La tecnología creó la humanidad

### Un tempestuoso inicio

Hay muchas definiciones del ser humano y de lo que nos diferencia de otros animales. Es innegable que somos diferentes. Los monos y un gran número de pájaros imitan y aprenden. Muchas de las características humanas que creemos que son únicas, aparecen en otras especies. Sin embargo, se encuentran conjugadas en nosotros en tal cantidad y de tal manera que han supuesto un cambio cualitativo que nos hace ser únicos.

Entre nuestros diversos marcos de referencia, hay uno que es especialmente útil: las tecnologías que hemos inventado y aplicado no tan solo nos sirven de ayuda y apoyo en nuestras vidas, sino que definen nuestra naturaleza.

Uno de los primeros ejemplos de cómo la tecnología ejerce una influencia fundamental en lo que somos, es la capacidad de controlar el fuego. Mediante el uso del fuego para cocinar los alimentos que comemos, hacemos que el fuego sea un elemento del proceso digestivo. Nuestros primos los gorilas pasan doce horas más comiendo y digiriendo, mientras que nosotros somos más eficientes: pasamos menos tiempo y gastamos menos energía en comer y digerir, y también absorbemos los nutrientes de los alimentos de una manera más eficaz. Esto nos ha permitido reducir nuestro tracto digestivo y expandir nuestro cerebro, en particular el neocórtex. Aunque el cerebro solo representa el 2 % de nuestra masa corporal... ¡absorbe cerca del 30 % de nuestra energía! El cerebro crecería aún más si no fuera por el cuello de botella, en sentido literal, representado por el diámetro de la pelvis femenina. Somos especialmente inmaduros al nacer, en comparación con los recién nacidos de otras especies animales. Minutos después de nacer, una gacela es capaz de ponerse de pie y empezar a correr con su madre. Un bebé

humano es completamente indefenso y tarda varios años en aprender incluso a alimentarse por sí mismo. En este período, nuestro cerebro continúa desarrollándose, sobre todo el neocórtex, la parte más reciente del cerebro, y organizándose para alojar de la mejor manera posible las enormes cantidades de información y conocimiento necesarias para ser un miembro activo y útil de la sociedad.

La agricultura es otro ejemplo de una tecnología habilitadora clave. Durante decenas de miles de años, aunque los seres humanos eran iguales a nosotros hoy en todos los sentidos, con las mismas características y cualidades, el número de personas que viven en el planeta apenas cambiaba. Ellos eran cazadores-recolectores y el tamaño máximo de estas tribus nómadas venía determinado por la capacidad de proporcionarles sustento de una zona en particular que pudiera ser recorrida a pie en un día. La población total del planeta era solo de unos pocos millones. De hecho, recientes estudios genéticos de la mitocondria, la parte de la célula cuya composición genética solo se hereda a través de la madre, han demostrado que el número de personas que vivieron en un momento determinado y del que descienden todos los seres humanos, ascendía a 5000. Este fino tamiz evolutivo y la cadena de improbabilidades que representa, no es ni mucho menos un caso aislado: representa una característica de la selección natural y la evolución de unos complejos sistemas. Una de las explicaciones es que una zona geográfica en particular solo podía alimentar a un número relativamente pequeño de individuos. Un grupo de 20-30 personas podía detenerse en un valle durante algunos días o semanas y después ir en busca de bayas maduras o seguir los movimientos de los animales. Tenemos una visión idealizada de este período dada nuestra falta de referencias directas. Imaginamos un estilo de vida sostenible sin compromisos ni estrés, en contacto permanente con la naturaleza. A decir verdad, esto solo es cierto si aceptamos una esperanza media de vida de 20-30 años, quizás ni eso, y la verdadera insostenibilidad de un continuo saqueo de la naturaleza, a la que solo le dejamos recuperar el aliento cuando nos dispersamos. Una ilustración de la insostenibilidad del estilo de vida del hombre prehistórico es la caza, que comportó la extinción de la megafauna en todos los continentes. Tanto si se trata del mamut siberiano como del emú australiano, los matamos a todos sin pensarlo dos veces. ¡Ya está bien de la imagen del “honorable salvaje” en contacto con la naturaleza!

La aparición simultánea de la agricultura en diversas regiones del mundo hace aproximadamente diez mil años, basada en el cultivo de maíz y arroz y la cría de pollos, cerdos, ovejas, vacas y otros animales domésticos, permitió al hombre multiplicar por más de diez la cantidad de alimentos disponible en una determinada zona geográfica. La fiabilidad de esta producción, a pesar de las variaciones en las cosechas debido a las lluvias

y los parásitos, era preferible a la imposibilidad de predecir lo que encontraría un grupo de cazadores-recolectores nómadas en el próximo valle. Posteriormente, estos desarrollos no tan solo desembocaron en la implantación de asentamientos permanentes, sino también en el correspondiente aumento en órdenes de magnitud de la población.

Paradójicamente, el procesamiento estadístico de la información obtenida de los esqueletos de esta época demuestra que en la edad agrícola, la vida era más difícil que la de los cazadores-recolectores: ¡la esperanza media de vida era menor y morían más jóvenes! Aunque la gente se daba cuenta de ello, era difícil subsanarlo: en las regiones agrícolas ya no era posible volver al estilo de vida y a la organización social anterior. Este es un principio general de las sociedades y organizaciones que adoptan determinadas tecnologías: la nueva y transformada realidad depende de la tecnología para funcionar y ya no puede abandonar esta tecnología y recuperar las viejas costumbres. Nuestra imagen de los viejos tiempos está a menudo idealizada; magnificamos nuestra percepción de sus aspectos positivos, al igual que nuestra percepción de los aspectos negativos del presente. Si decidiéramos hoy abandonar la tecnología, miles de millones de personas morirían y nadie, afortunadamente, podría decidir quiénes serían esas personas.

La mayor disponibilidad de alimentos y su correspondiente fiabilidad en la edad agrícola impulsó un aumento de la población, y con dicho aumento, el desarrollo de actividades especializadas. Al principio, estas actividades estaban directamente relacionadas con el trabajo agrícola, pero posteriormente, un mayor porcentaje de la población se implicó en actividades no agrícolas. Hoy en día, en las sociedades con ingresos más elevados, solo el 2-3 % de la población trabaja en la agricultura y en la ganadería: alimentamos al 100 % de los miembros de la sociedad con solo el 2 % de la fuerza laboral. Incluso en las sociedades con ingresos medios-bajos como la India, con independencia del porcentaje de la población, se calcula que los recursos mecánicos representan el 90 % de la energía empleada en los trabajos agrícolas.

## **Los dinosaurios no tenían telescopios**

Durante decenas de millones de años, los dinosaurios fueron la punta de lanza de la evolución gracias a una amplia variedad de especies. Todavía estamos en la fase de descubrir la organización de los grupos de dinosaurios, y por ejemplo, cómo algunos de ellos se ocupaban de los jóvenes. No sabemos cuál fue el desencadenante del desarrollo de la inteligencia humana ni tampoco si los dinosaurios hubieran conseguido un progreso

parecido con un estímulo medioambiental apropiado. Lo que sí sabemos es que les faltó tiempo: tras el impacto de un asteroide en la Tierra, y los subsiguientes cambios climáticos, los dinosaurios se extinguieron junto con una inmensa mayoría de especies coetáneas. En la Tierra se han producido cinco de esas llamadas extinciones en masa cuyas causas estamos todavía investigando.

Si los dinosaurios hubieran tenido telescopios, ¿podrían haber evitado su extinción? Sin duda hubieran sido capaces de identificar el asteroide antes de que se estrellara contra el planeta. Y si hubieran contado con una tecnología espacial suficientemente avanzada, hubieran podido organizar una misión de rescate para intentar modificar la órbita del asteroide y evitar que colisionara con la Tierra. Nosotros tenemos telescopios que desarrollan gradualmente nuestra magnitud en el espacio así como modelos que nos permiten realizar este tipo de maniobras. Por ejemplo, y a pesar de lo que nos hacen creer las películas de Hollywood, la explosión del asteroide no resulta especialmente útil; aunque los trozos fueran un poco más pequeños, seguirían permaneciendo en la misma órbita y su impacto total tendría la misma potencia que el asteroide completo. El pensamiento actual se inclina por el anclaje de una sonda suficientemente grande en el asteroide, lo que comportaría una variación en el campo gravitatorio que cambiaría su órbita con el tiempo y evitaría la colisión con la Tierra. La cuestión implica un conocimiento matemático y científico, el dominio de la ingeniería, la coordinación y la gestión del proyecto, la asignación financiera y de recursos y un consenso social y político.

Concretamente, la diferencia entre nosotros y los dinosaurios, obviamente, es que ellos no tenían telescopios. No obstante, en el sentido metafórico, no poseían las herramientas racionales y científicas necesarias para poder afrontar los peligros de extinción, para visualizar y quizás desviar el asteroide, o en nuestra época actual, para prever los peligros de las pandemias, el cambio climático, los conflictos extremos y demás.

Cuando se recortó el presupuesto de la NASA para los radiotelescopios que clasifican y controlan los objetos espaciales cuya órbita podría llevarlos a colisionar con nuestro planeta, nos convertimos en dinosaurios, voluntariamente ciegos ante las amenazas para nuestras especies. El cofundador de Microsoft, Paul Allen, se vio obligado a involucrarse, utilizando sus propios recursos, para financiar la reactivación y la gestión de estas herramientas especializadas, y nos brindó la oportunidad de clasificar los asteroides y de este modo evitar quizás que un futuro impacto nos aniquilara.

En general, parece razonable afirmar que no existen alternativas a las herramientas racionales y científicas para hacer frente a nuestros problemas. Aun cuando las utilicemos de la mejor manera posible, no tenemos ninguna garantía. Existen problemas insuperables. Pero si queremos tener una posibilidad de resolverlos, basta con que identifiquemos el planteamiento científico más apropiado o la solución más conveniente (por ejemplo, una solución gravitatoria en lugar de una bomba al estilo de Hollywood). Esconder la cabeza bajo el ala no es la respuesta.

## **Un juego de suma no nula**

Hay una creencia extendida entre la prensa, radio y televisión, pero también entre los medios de comunicación virtuales, las páginas web y las redes sociales, de que la única manera seria de ofrecer información es presentando los hechos de manera equilibrada. Llevado a unos extremos que rozan la ridiculez, este planteamiento contempla ambos lados de cada hecho o fenómeno, tanto el positivo como el negativo, e intenta dedicar el mismo número de páginas o de programas a ambos. Afirmer que este método dogmático es simplemente fruto de la ignorancia o que en muchas ocasiones están en juego grandes intereses, es difícil. El 99 % de los científicos está convencido de que el clima está cambiando y que el hombre es el único culpable. A menudo vemos programas de televisión en los que se hace un intento casi cómico de dedicar la misma cantidad de tiempo al argumento de que esto no es cierto (que el cambio climático no existe o que no es causado por el hombre). Mediante la invitación por un lado de un científico, y por el otro de un objetor del cambio climático, estos programas plasman una visión artificial y falsa de que ambos puntos de vista son igualmente válidos. Si tenemos en cuenta este tipo de planteamiento, es fácil caer en la errónea generalización de que las tecnologías tienen dos caras, una positiva y una negativa.

No obstante, la tecnología no es un juego de suma cero, sino un juego de suma positiva. En lugar de desequilibrarlas, sus aspectos positivos y negativos tienen un efecto netamente positivo. Esta valoración es estadística, no absoluta: las diversas facetas de cada tecnología deben ser cuidadosamente examinadas. En un debate abierto en el que participara todo el mundo, podríamos decidir ignorar determinadas tecnologías para evitar acabar dependiendo de ellas. No obstante, en general, el simple hecho de que la población mundial sea de más de siete mil millones de personas en lugar de solo unos cuantos millones demuestra los beneficios del efecto global para la humanidad. Los que dicen que deberíamos abandonar la tecnología porque no consiguen entenderla, y por

tanto, les da miedo, deberían primero responder la pregunta “¿Quiénes serían las 99 personas de 100 que seguramente morirían como consecuencia de ello?”

El principio de precaución que realza los riesgos de las tecnologías frena su aceptación. En lo que respecta a su uso, con frecuencia se mencionan cuestiones relacionadas con la protección del consumidor. La premisa es que, por un lado, el consumidor está indefenso y es incapaz de defenderse a sí mismo, y por el otro, el consumidor está amenazado, dispuesto a ser explotado y engañado, y generalmente rechaza las iniciativas de quienes le ofrecen soluciones a sus problemas. El último paso de este razonamiento implica una mayor información, una mejor preparación y una mayor capacidad de los organismos reguladores para decidir lo mejor para el consumidor mediante la determinación de lo que el consumidor es capaz o no de hacer o incluso de saber.

## **Acceso al texto sagrado de su ADN**

Un ejemplo reciente de este principio de precaución en el trabajo es la negativa de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), la agencia federal que regula los productos y servicios alimentarios y sanitarios, al servicio de descodificación del ADN ofrecido al público por la empresa 23andMe.

Aprovechando el descenso exponencial de los costes de descodificación, en el año 2009 esta empresa de California empezó a ofrecer al público un servicio innovador. Una vez se haya registrado en su web, le enviarán un tubo de ensayo: usted deberá depositar una muestra de su saliva en el tubo (hágalo sin rodeos, directamente escupa dentro) y deberá devolverlo a la empresa en el sobre incluido en el paquete original, visiblemente marcado con los amenazantes iconos de “peligro biológico” de los materiales biológicos. Al cabo de un par de semanas, le enviarán un mensaje por correo electrónico en el que le informarán de la realización del procedimiento de descodificación. A continuación podrá leer los resultados, protegidos por una contraseña, directamente en la página web de la empresa.

En 1985 se lanzó en Estados Unidos un extremadamente ambicioso Proyecto Genoma Humano, con un presupuesto de tres mil millones de dólares. El objetivo era descodificar el genoma humano, compuesto por tres mil millones de pares básicos, en el plazo de quince años. El avance del proyecto es un clásico ejemplo del poder del cambio

exponencial. Al cabo de siete años solo se había alcanzado un 1 % del progreso. Incluso los expertos en la materia creyeron que el proyecto había fracasado y que se necesitaría no tan solo siete años más, sino docenas o cientos de años más para completarlo, lo que supondría unos costes astronómicos muy superiores a los fondos originalmente previstos. Muy pocas personas consideraron que el resultado del 1 % había sido obtenido gracias a la duplicación de la capacidad de descodificación. Gracias al mantenimiento de este ritmo, no la velocidad, sino la aceleración del proceso, al año siguiente se había logrado un avance del 2 %, luego del 4 %, el 8 %, el 16 %, el 32 %, el 64 %... y después de exactamente siete duplicaciones más, se alcanzó puntualmente el objetivo del 100 % a los quince años y con arreglo al presupuesto.

No obstante, la duplicación del poder del proyecto no se detuvo aquí; la velocidad de la descodificación aumentó, lo que redujo su coste. Hoy, en 2015, es posible tener un perfil de ADN completo por unos 2000 dólares, o por 99 dólares si se trata de un perfil parcial, de los llamados Polimorfismos de Nucleótido Único (o SNIP, por sus siglas en inglés), que eran considerados los responsables de las características individuales que nos diferencian de los demás. En el ADN humano hay quinientos mil SNIPs y la empresa 23andMe se dedica a su análisis y procesamiento.

Los resultados son sorprendentes. Mediante el análisis de mi ADN, 23andMe puede decirme el color de mis ojos y de mi pelo, así como docenas de otras características de mi fenotipo; es decir, la manifestación física de la acción de mi ADN. Pueden hacer una valoración estadística en términos de mayor o menor predisposición a unos determinados tipos de enfermedad. Ofrece instrucciones sobre las dosis incluso de fármacos típicos en caso de que deba utilizarlos, además de las recomendaciones de las prescripciones habituales, o por el contrario, me recomienda una dosis más baja debido a mi reacción natural a los componentes del medicamento.

Evidentemente, poder tomar decisiones sobre la base de esta información puede tener consecuencias importantes. Saber que algunos cambios concretos en mi estilo de vida pueden reducir la probabilidad de que sufra una determinada enfermedad, puede cambiar mi vida. Decirle a mi médico que soy especialmente sensible al fármaco que me está recetando para que me ajuste la dosis como corresponde, podría salvar mi vida.

La FDA consideró que la manera en que 23andMe presenta la información, con correlaciones probabilísticas y estadísticas entre el genoma, la conducta y el desarrollo de unas determinadas enfermedades y dolencias explícitas, no era apropiada. Concretamente



ha dictaminado que los consumidores no deberían tener acceso directo a esta información, y que solo debería proporcionarse a los médicos, convirtiéndose así en las únicas personas que pueden interpretar los datos y aconsejar a los pacientes basándose en sus propias conclusiones.

En 1517, Martín Lutero clavó sus 95 Tesis en la puerta de la iglesia del Palacio de Wittenberg. Su acto simbólico fue el detonante para el desarrollo del movimiento Protestante en la iglesia cristiana, lo que desembocó en un cisma con el Catolicismo que todavía hoy persiste. Una de las tesis de Lutero era que la Biblia, el texto sagrado del Cristianismo, debía ser traducida del latín al alemán para que la gente pudiera leerla por sí misma, sin la intermediación de un sacerdote. Los intereses existentes, así como una justificación conservadora y dogmática, generaron un conflicto insalvable que no tan solo desembocó en un cisma eclesiástico, sino también en cientos de años de sangrientos conflictos.

Hoy la FDA asume el papel desempeñado por el Vaticano en la época de Lutero. No quiere que la gente tenga acceso al texto sagrado de su ADN, traducido del lenguaje de la bioquímica al lenguaje accesible de la tecnología de la información, y ha dictado que la interpretación del texto solo será posible con la intermediación sacerdotal de los médicos, defendiendo así su posición conservadora y dogmática.

## **El principio proaccionario**

Nuestras acciones determinan el futuro. Las consecuencias de nuestras esperanzas y ambiciones se extienden más allá del presente.

El principio de precaución establece que antes de adoptar una determinada solución, es necesario considerar todo el daño que puede causar. Invocado frecuentemente en las áreas de protección del consumidor, los reguladores se sienten facultados por este principio para cerciorarse de que los nuevos productos y servicios comercializados no tan solo sean útiles y tengan efectos positivos, sino que puedan excluirse los efectos negativos. Especialmente en los campos de la investigación sanitaria y farmacéutica, los principios de precaución han sido la principal fuente de inspiración del desarrollo de productos.

Obviamente, en un mundo ideal, los reguladores solo pretenderían el mejor modo de proceder para el bien común, en lugar de implementar burocracias autopropagandísticas.

Y en un mundo ideal, los principales protagonistas de un determinado mercado no utilizarían su poder para detener a los neófitos y reducir los peligros de unos factores competitivos desconocidos, que distorsionan las reglas e influyen indebidamente en el proceso. Es evidente que no vivimos en un mundo ideal.

El principio proaccionario, originalmente propuesto por Max More, tiene en cuenta el coste de oportunidad de la inacción y los costes de la propia regulación, lo que deriva en la obtención de un equilibrio más orientado al futuro. Pensando en las futuras generaciones y en el beneficio que obtendrán de nuestras acciones, la demora en la implementación de una nueva tecnología podría tener graves consecuencias.

La libertad de experimentar, así como la posibilidad de que los individuos adquieran conocimientos fuera de las vías de investigación oficialmente autorizadas, la objetividad, la transparencia y otros componentes del principio proaccionario hacen que sea una herramienta útil para planificar acciones novedosas.

Una familia residente en los Estados Unidos se vio afectada por una enfermedad rara para la que no había una curación comercialmente disponible. La empresa farmacéutica que en realidad acometió la investigación inicial sobre la misma consideró que no merecía la pena someterse a la carrera de obstáculos reguladora para comercializarla. Obviamente, para las personas directamente afectadas por la enfermedad no se trata de considerar los beneficios. Gracias a las comunicaciones modernas y la disponibilidad de la investigación, la familia ha podido conectar con otras familias en su misma situación para comprar los derechos de desarrollar la curación y aplicarla con éxito en sus propios miembros y en los de otras familias igualmente afectadas.

Si hubiéramos tomado como base los planteamientos tradicionales, es posible que esto no hubiera sucedido nunca, tanto desde un punto de vista tecnológico como regulador. Hay innumerables ejemplos de experimentaciones más atrevidas y de libre investigación que están a la espera de la aplicación del principio proaccionario para alcanzar sus objetivos y florecer.

En la consideración de las cuestiones medioambientales, la Unión Europea incorporó el principio de precaución en sus tratados fundamentales. ¿Supondrá esto una mayor probabilidad por parte de la UE de abstenerse de adoptar tecnologías que sí adoptan otras áreas socioeconómicas? ¿Será esta la base de un cierto nivel de fosilización

de la sociedad europea? ¿O quizás es la expresión de esta situación que de realmente le aflige?

## **Civilizaciones competentes o incompetentes**

¿Es la libertad una propiedad que emerge de la cuestión de la autoorganización? Creemos firmemente que estamos dotados de libre albedrío, y la mayoría de nuestras estructuras sociales se basan en ello. No hay un fundamento físico en ello. El determinismo de las leyes físicas, a pesar del quantum de las incertidumbres, no deja lugar a que el concepto oculte y muestre sus efectos. Al igual que nos sentimos constantemente conmovidos por los objetos, animales y fenómenos antropomorfizados, estamos obligados a interpretar las decisiones libremente adoptadas en lugar de ser la consecuencia del estado de la materia y sus interacciones, tanto en nuestro interior como en el exterior.

La conducta individual se añade a la de grupos más grandes, y por último a la de las sociedades. Juzgamos los resultados de las decisiones individuales y las consecuencias en el derecho civil y penal. Podemos juzgar la capacidad de las sociedades para engendrar el bienestar de sus miembros, o por el contrario, para ser corruptas, injustas y generadoras de confusión, violencia y sufrimiento.

La capacidad de un grupo de sociedades para generar bienestar no tan solo depende de la suma de decisiones de sus miembros, también depende del conocimiento del que disponen y a través de quien. La antigua civilización romana alumbró un arte y una filosofía maravillosa, y con razón admiramos hoy sus logros. Sin embargo, estaba organizada, esencialmente, en función del trabajo esclavo, hoy universalmente condenado. ¿Podría haber sido distinto? ¿Es posible imaginar una civilización romana que no empleara la esclavitud? En absoluto, porque el nivel de conocimiento, y sobre todo la disponibilidad de energía que este conocimiento generó, impedían el logro de estos objetivos sin recurrir a la fuerza del músculo humano, o humanos programables, personas a las que se les puede decir lo que deben hacer y lo hacen sin rechistar.

Durante su período de expansión, mientras fue capaz de aprovecharse de inagotables oleadas de esclavos, la civilización romana parecía estar perfectamente

adaptada. Se trataba de una mera apariencia porque eso no podía durar. Roma no podía seguir expandiéndose porque básicamente había conquistado todas las tierras disponibles de lo que hoy llamamos Europa, norte de África y Oriente Medio, y esclavizó a todos los individuos que podían ser esclavizados de estas poblaciones.

En ese momento empezó a decaer y fue incapaz de resistir la llegada de cambios o de adaptarse a ellos. Obviamente, esta es una representación enormemente simplista de una larga y compleja historia. Hay otras muchas fuerzas en juego además de los esclavos o la ausencia de esclavos.

Hoy, con el conocimiento actual, podemos construir sociedades y civilizaciones sin esclavos. Gracias a nuestra confianza en la energía química y muy pronto en la solar, nuestras decisiones vienen determinadas por un uso más eficiente y desplazan a otras posibles alternativas. Nosotros no somos moralmente superiores a los romanos como seres humanos individuales, nos basta con aprovecharnos de la información acumulada y de sus aplicaciones. El desenlace de la Guerra de Secesión estadounidense entre el Sur y el Norte vino dictado por la eficiencia económica y una mejor organización de las bases energéticas e industriales por parte del Norte.

Por consiguiente, nuestra civilización actual es la expresión de nuestro conocimiento. Las tecnologías de las que disponemos la conforman, del mismo modo que la civilización romana fue modelada por el conocimiento y la tecnología disponible en la época. Podemos empezar preguntándonos cuáles son los límites de la adaptabilidad de nuestra civilización, y cómo cambiará con la acumulación de información y su aplicación a los nuevos conocimientos y las nuevas tecnologías. Si hubiéramos preguntado a un romano que nos dijera si era posible construir una civilización sin esclavos, la respuesta hubiera sido “¡No!”. ¿Cuáles son los falsos axiomas que mantenemos? ¿Cuáles son las preguntas que podemos hacer y asumir que las respuestas sean universales, con todo el mundo creyendo firmemente que una determinada suposición forma parte necesariamente de nuestras sociedades en cualquier lugar y en cualquier época? Con el conocimiento del que dispondremos en el futuro, esta respuesta enérgica y falsa nos hará parecer tan primitivos e ingenuos como nos parecen hoy los romanos.

Cuándo se produce el cambio, y cómo se manifiesta de por sí, depende de las tensiones acumuladas entre las sociedades en una determinada época. Lo que es posible en un lugar puede no ser inmediatamente posible en otro. Las diferencias constituyen una consecuencia dada la aplicación del conocimiento y la acumulación de experiencia. En un

mundo de comunicación global como el de hoy, la comprensión de estas diferencias conlleva la posibilidad de aplicar los conocimientos con mayor rapidez, la adopción de las mejores prácticas y de lo que funciona bien y la prevención de errores. Cuando las barreras de comunicación o ideológicas obstaculizan el recorrido de este flujo de información, las divergencias entre las sociedades aumentan. Las tensiones se acumulan, y bajo una aparente inmovilidad, la estructura organizativa de la sociedad está sometida a un estrés cada vez mayor. En ese momento, un pequeño cambio en las condiciones marco pueden comportar enormes cambios fundamentales que se extienden por toda la sociedad.

Esto es lo que sucedió, literalmente, con el Muro de Berlín, que metafórica y físicamente protegía las economías planificadas de la Unión Soviética y de Europa del Este de las de Occidente. Cuando cayó el muro, los efectos de permitir una rápida penetración de las economías de mercado trajeron primero un cambio económico y posteriormente un cambio político que no pudo ser contenido o controlado ni por las mismas personas que lo iniciaron y permitieron, como el entonces Secretario General del Partido Comunista, Mikhail Gorbachev.

Dado que las diferencias de información crean estas áreas de conocimiento limitado, los individuos pertenecientes a esas áreas a menudo no se dan cuenta de que viven en una sociedad mal adaptada. Pueden quedarse muy sorprendidos cuando la debilidad y la fragilidad de la civilización quedan evidenciadas por los cambios bruscos. Incluso los expertos políticos y los historiadores explican mejor los rápidos cambios de las civilizaciones una vez han sucedido que cuando los prevén. Esto dificulta la preparación para los cambios y la mitigación del sufrimiento que genera el período de incertidumbre.

## **La insostenibilidad es insostenible**

En los últimos 200 años ha predominado el actual paradigma económico capitalista basado en el crecimiento constante. Incluso antes, la explotación de los recursos y su adjudicación a las sociedades feudales permitieron ignorar lo que hoy llamamos las externalidades de las actividades económicas. Esto fue posible porque a las naciones o civilizaciones no les importaba destruir a los competidores. O si partimos del supuesto de que con el agotamiento de los ecosistemas y la exterminación de las especies dominantes de un determinado continente, siempre quedaría algo por descubrir y para empezar el proceso de nuevo.

Hoy es evidente que esta conducta ya no es posible. Los países avanzados no deberían librar guerras entre sí. No deberían destruir o someter a otras poblaciones. No deberían poner en peligro los ecosistemas y sus especies con sus actividades económicas. En pocas palabras, no quedan más continentes por saquear.

Esto significa implícitamente que no hemos mejorado como personas. No cambiamos nuestras costumbres porque entendíamos que debíamos adoptar una conducta moralmente superior. Nuestra mentalidad sigue siendo básicamente la misma. La razón por la que ahora estamos considerando alternativas es porque ya no es posible mantener las viejas usanzas.

Las externalidades de nuestras actividades económicas son todas aquellas consecuencias que no se ven reflejadas en las consideraciones relacionadas con las ganancias y las pérdidas. Le corresponde a la sociedad analizar diversos sectores y decidir si puede permitirlo. Como alternativa, puede implementar normativas que afluoren los costes ocultos y dejar que la sociedad en su conjunto los absorba explícitamente o, por el contrario, obligar a las empresas que operan en la cadena de producción a afrontarlos.

Las prácticas económicas insostenibles poseen grandes externalidades, lo que no es permisible en un mundo cerrado y globalmente conectado. Para solventar el agotamiento de los sistemas de soporte ecológicos, y el posible uso o reciclaje de los residuos de recursos de una manera más eficaz, una sociedad compleja debería dirigirse hacia unas prácticas sostenibles con el fin de poder generar soluciones dinámicas y consolidadas a la vez.

Una civilización no puede considerarse perfectamente adaptada si no reconoce esta necesidad y si no actúa al respecto con las herramientas de los incentivos y las normativas apropiadas.

## Los métodos de conocimiento

Para sobrevivir debemos observar nuestro entorno, tratar de entenderlo, adquirir los recursos que necesitamos y planificar las acciones necesarias para el logro de nuestros objetivos. Si sabemos cuáles son las reglas del mundo, sistematizamos el conocimiento y entendemos cómo podemos adquirir un mejor conocimiento, lo que nos puede ser de gran utilidad para ser mejores en la supervivencia.

## **El fatal error de los alquimistas**

En un mundo dominado por la competencia y en el que la percepción universal es que los recursos son escasos, es natural optar por una estrategia de secretismo. La recopilación en secreto de conocimientos supone una ventaja para quienes la explotan contra otros. Un sistema de conocimientos cerrado y fuertemente custodiado es una barrera que los demás deberán superar si quieren participar al mismo nivel.

Al mismo tiempo, un sistema cerrado y secreto es también vulnerable al aislamiento y al sufrimiento de sus propios errores al aislarse. Habida cuenta de su incapacidad para compartir sus aprendizajes, una comunidad que confía en el secretismo está abocada a repetir los errores por no haber compartido sus lecciones.

Los alquimistas medievales que les obsesionaba el propósito de transformar el plomo en oro eran lo suficientemente desdichados para creer que el uso del mercurio les ayudaría en esta cruzada. Desgraciadamente, el mercurio es venenoso. Los alquimistas que conocían este hecho lo hicieron a escondidas y sufrieron las consecuencias de este conocimiento. La organización de las sociedades secretas impidió la posibilidad de aprender de los errores ajenos, y los alquimistas estaban destinados a repetirlos.

En el mundo actual todavía hay muchas actividades que son realizadas también en secreto. Se sospecha que el intercambio del conocimiento debilita la posición de los que compiten por los recursos.

## **Ciencia abierta**

La revolución científica que inició Galileo no tan solo supuso una comprensión más evidente de la necesidad de que la teoría y los experimentos estuvieran relacionados, también allanaron el camino para un cambio profundo en la recopilación, comprobación y divulgación del conocimiento y la información. Aunque no sea una parte necesaria del método científico en sí, la colaboración abierta permitió que los grupos y los individuos que supieron sacar provecho de ella pudieran decidir con mayor rapidez la fiabilidad o incerteza de una determinada serie de resultados.

La ciencia abierta es sustancialmente superior a los planteamientos cerrados de recopilación de conocimientos. La colaboración entre las personas que comparten los

objetivos y las pasiones en un determinado ámbito es impulsada por un lenguaje y unas herramientas comunes. La publicación de los resultados obtenidos por parte de un grupo permite que otro grupo pueda realizar experimentos contrapuestos al nuevo conocimiento para confirmarlo o rebatirlo. La colaboración interdisciplinaria es engrandecida por la naturalidad con la que los profesionales ajenos al grupo pueden abordarla gracias a los puentes de interpretación tendidos que prevalecen sobre las especializaciones.

Hoy disfrutamos de la posibilidad de una prolífica área de estudio, los metaestudios, gracias a la creciente digitalización de la ciencia y de la publicación científica. La comparación y el análisis de un gran número de publicaciones en un determinado ámbito facilitan la obtención de resultados no contenidos individualmente en ninguna de ellas. Las herramientas estadísticas revelan unas tendencias relevantes e incrementan la posibilidad de detectar, y eventualmente corregir, los errores metodológicos existentes en el trabajo anteriormente publicado.

El mundo de la ciencia valora los hechos, las teorías, las verificaciones y los experimentos, así como la publicación de resultados para el intercambio de conocimientos. Teniendo en cuenta que es uno de los principales intereses del científico, aunque no el único, en el que basa sus progresos y su capacidad para recibir ayudas económicas, las publicaciones científicas, a través del sistema de revisión paritaria, han sido la esencia del desarrollo de la ciencia.

El valor del artículo científico se mide por el número de otras publicaciones que lo citan y por la importancia de la revista en la que se publica. Esto ha sido convertido directamente en valor económico por las editoriales de las revistas científicas, que han creado empresas considerables gracias a las suscripciones de las universidades y centros de investigación a sus publicaciones en las que aparecen los artículos de los científicos. El precio de estas suscripciones ha experimentado tal aumento que las universidades de países de renta baja y media, o incluso algunas de países de renta alta, no pueden hacer frente a la tarifa de suscripción. Cuestión más importante es que la investigación financiada con fondos públicos y sus resultados sufragan los ingresos y los modelos empresariales de las empresas privadas que recopilan los artículos y que acaban cobrando dos veces.

Han empezado a surgir publicaciones de libre acceso que han adquirido popularidad y prestigio, que ofrecen modelos alternativos a la publicación científica y en las que el lector de los artículos no paga por el acceso ni por la suscripción de la revista. Con el



sistema de revisión paritaria que se sigue aplicando en el control de calidad del artículo, el autor del artículo y el centro al que pertenece, pagan por la publicación una tarifa asequible y razonable que se añade como una simple partida presupuestaria al presupuesto de un experimento o a la solicitud de financiación.

Con la crueldad que le caracteriza, la ciencia reevalúa también la eficiencia de su propia revisión paritaria, e intenta por un lado medirla y por el otro busca posibles alternativas para garantizar un alto nivel de calidad de las publicaciones científicas. El análisis de la estructura de los experimentos científicos contempla la posibilidad de que los resultados publicados puedan ser doblemente verificados mediante la reproducción y verificación independiente de los datos.

No tan solo el artículo científico propiamente dicho, sino con las notas de laboratorio y los flujos de datos primarios subyacentes para una posterior evaluación e incorporación, se ha convertido en una norma en varias áreas. Gracias a la generación de unas series de datos cada vez más grandes en el ámbito informático, en las ciencias biológicas y en muchos otros campos, el análisis de los datos se ha convertido en una nueva e incipiente oportunidad por sí misma.

Los macrodatos y la ciencia de datos ofrecen la posibilidad de incorporar y sublimar el valor a partir de grandes acopios de información estructurada o desestructurada. Su aplicación es mejor entendida por la genética, el Internet de las Cosas, la sociología y otros campos. Por un lado, las ciudades y los gobiernos pueden poner a disposición de otros los flujos de datos que generan, sin necesidad de permisos y libremente, en un entorno que promueve la innovación y la creatividad, y por otro lado, pueden aprovechar los resultados para aumentar la transparencia, la responsabilidad y la eficiencia de sus operaciones.

## **La evolución de la ciencia**

La disponibilidad de una creciente cantidad de datos y la interconexión del mundo con sus expertos, facilitan la creatividad en la forma de encajar las piezas del puzzle científico.

En el tradicional proceso de los estudios universitarios, de postgrado, doctorado y postdoctorado, los crecientes niveles de especialización se caracterizan por el trabajo, lo que comporta, prácticamente por unanimidad, una menor accesibilidad. Una alternativa en

profundidad a este proceso es el menos desarrollado y organizativamente complejo enfoque en amplitud, en el que la colaboración interdisciplinaria y la fertilización cruzada de varios campos, está siendo objeto de atención para producir unos resultados innovadores.

En campos como la cosmología, donde solo disponemos de un universo y la organización de los experimentos escapa a nuestro control, puede observarse un fenómeno de muy alta energía profundamente conectado con las teorías de la física de partículas, que posiblemente hubieran necesitado máquinas con un tamaño de energía y un precio excesivos para poder ser construidas en la Tierra.

Los estudios comparativos que promueven el potencial de las publicaciones de libre acceso, el de la elaboración de flujos de macrodatos y el del texto desestructurado de los propios artículos, resaltan confirmaciones o anomalías estadísticas en estudios a lo largo de los años, en varios centros de investigación y en el trabajo de muchos científicos. Este metaconocimiento puede fomentar un valioso entendimiento de la reproducibilidad, la eficiencia y las prometedoras áreas de investigación con el fin de dedicar mayor atención y recursos.

Cada vez se presta más atención epistemológica a la estructura de las teorías, lo que confirma el legítimo cuestionamiento del excesivo poder generativo de algunos grupos de teorías. La teoría de cuerdas, una familia de las teorías de la física de partículas es capaz de sacar de su sombrero epistemológico una teoría que responde a un resultado experimental cualquiera, dado que abarca de 10 a 500 teorías aproximadamente (millardos y millardos... de teorías) con una cuestionable aplicación de la secuencia de la teoría, la predicción y la verificación.

El elemento humano de la estructura de las teorías científicas y su evolución se está entendiendo más a fondo. Por naturaleza, la capacidad de incorporar nuevas y arriesgadas áreas de investigación es más probable al comienzo de la carrera de un científico. La cada vez mayor longevidad de algunos prestigiosos líderes del ámbito académico debe ir a la par con un análisis de cómo conservan su agilidad y su aceptación del riesgo cuando los recursos son asignados a enfoques diversos, y con la cesión de la palabra a nuevas incorporaciones y nuevas ideas en sus respectivos ámbitos.

# Cambio exponencial

## Sistemas dinámicos

Todos los fenómenos son dinámicos, y aunque solemos intentar analizarlos y oficializarlos a través de un proceso opuesto, la mayor representación de la realidad es la abstracción estática. Evidentemente, tal como lo han reflejado las contiendas en la evolución de los métodos científicos, la realidad no siempre es fácilmente descifrable. Ni tampoco nos ha sido convenientemente presentada en paquetes intuitivos adaptados a nuestro sentido común. Muchas de nuestras intuiciones sobre las reglas que rigen los fenómenos naturales han resultado ser erróneas. Esto es lo que puede suceder con una serie de experimentos que, una vez que las leyes físicas que subyacen detrás del fenómeno son perfectamente comprendidas, cualquiera puede llevarlos a cabo. Llegados a ese punto, a través de unas explicaciones accesibles que pueden ser ilustradas con inmediatez, no tenemos excusa para seguir ignorando la naturaleza de la realidad.

Un sencillo ejemplo es la primera ley de Newton, que dice que “todo cuerpo permanece en su estado de movimiento a menos que una fuerza externa actúe sobre él”. Nuestra experiencia diaria es que, para ser exactos, un coche en marcha se detendrá si el conductor deja de apretar el acelerador. Pero ahora entendemos con toda claridad el papel del desgaste, y que la deceleración es fruto del motor, del terreno y del aire en contra. Si elimináramos todas las causas del desgaste, el coche seguiría moviéndose eternamente.

Las consecuencias del cambio dinámico están a nuestro alrededor, en las variaciones de agua, ríos, océanos y lluvias. En el crecimiento de la vegetación, árboles y bosques, o en el avance de los desiertos y los cambios de estaciones. Pero aunque contamos con una dilatada experiencia en el cambio dinámico, nuestra intuición puede ser más engañosa que nunca en lo que respecta a la potencia bruta que se esconde tras su naturaleza matemática abstracta, desenfrenada y descontrolada por los imperativos de un entorno físico y natural.

El cambio exponencial es un entorno como tal dinámico. Podemos prepararnos, pero su fuerza contundente nos seguirá sorprendiendo e incluso a menudo confundiendo a los expertos, y sin duda cogerá desprevenidos a los legos por su impactante remodelación del paisaje de nuestra realidad.

## Secuencias trascendentes

Los ejemplos más sencillos del cambio exponencial, por ejemplo la duplicación de una cantidad en un determinado período de tiempo si el punto de partida es la unidad de 1, pueden parecer bastante inofensivos o incluso decepcionantes al principio.

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096,... es una secuencia familiar incluso para quien no haya mostrado un especial interés por los números. El traqueteo de la secuencia en la cabeza era un ejercicio inofensivo propio de la infancia.

Existe una secuencia correspondiente, antes de la unidad, que podemos considerar potencialmente sencilla incluso en mayor grado: 0,01, 0,02, 0,04, 0,08, 0,16, 0,32, 0,64, y por último, 1,28. La curiosa sorpresa de esta secuencia, nada mágica por cierto, es lo que le precedía: 0,00015625, 0,0003125, 0,00625, 0,00125, 0,0025, 0,005, 0,01.

¿De dónde proviene el interés por estas tres secuencias y por qué son representativas de la naturaleza del cambio exponencial?

Imagine que usted está mirando el mundo que le rodea, y en su intento por descifrarlo y predecir la consecuencia de un determinado fenómeno, usted recoge datos sobre el mismo. Esta recopilación no será tan nítida y clara como las secuencias anteriores. El griterío está asegurado. Errores de medición, errores cometidos durante el proceso o la planificación de las mediciones, otros fenómenos que se inmiscuirán y confundirán sus intentos por alcanzar una clara comprensión, etc.

El griterío de un entorno natural donde, incluso antes de entrenar sus oídos para ello, usted percibe un modelo que posiblemente sea nuevo, algo que nadie hasta ahora intentó escuchar.

## Señales ruidosas

¿Hay señales en el ruido? Es muy probable que mientras usted intenta responder la pregunta, aparezcan otras opiniones a su alrededor. Y por definición discreparán de la suya, no coincidirán o incluso serán opuestas. Si usted está inmerso en un entorno de

investigación y compite por conseguir una ayuda económica, o trabaja en la industria y el producto que intenta diseñar o el servicio que promociona entre usuarios legítimamente trastornados por una descomunal oferta de opciones alternativas, en ambos casos se sentirá confundido por la resistencia mostrada a su original teoría sustentada por las señales. Debe ser categórico en sus opiniones, incluso debe tener fe en lo que quiere demostrar, una convicción irrazonable de que tiene razón aunque todo el mundo le diga que está equivocado. O aun cuando lo que esté buscando no exista o sea imposible.

Este es el ámbito de la tercera secuencia, que conduce hasta el 0,01 (o 1 % de la unidad). La dimensión en la que incluso los expertos estarán en su contra. Hace falta tener buen ojo y buen oído, en sentido concreto o abstracto, para entender que frente a la presencia de las distracciones de un mundo de por sí ruidoso, hay algo que está fermentando. La duplicación serena, sin que nadie se dé cuenta salvo usted, para después de varias duplicaciones alcanzar el umbral del 1 % partiendo del objetivo de la unidad.

Una vez haya llegado al 1 %, estos expertos que siguen sin creerle deberían ser ignominiosamente despojados de su etiqueta. Porque a partir de entonces debería quedarle claro, no tan solo a usted sino a todo el mundo que preste una atención incluso fugaz, de que se trata de una mera cuestión de tiempo. En solo siete duplicaciones sucesivas, usted habrá llegado a la unidad.

## **El crecimiento exponencial del Proyecto Genoma Humano**

Si convertimos esta descripción de las secuencias abstractas de números en un ejemplo real, podemos ver lo que sucedió en el gigantesco Proyecto Genoma Humano realizado en Estados Unidos. Iniciado en 1985, la duración del proyecto se estableció originalmente en 15 años. Al igual que cualquier proyecto científico, no quedaba muy claro cómo se salvarían todos los obstáculos, ni cuál sería el enfoque agraciado. ¡A los siete años de iniciar el proyecto solo se había alcanzado el 1 % del objetivo! En aquel momento fueron muchos los que exigieron en voz alta la suspensión o incluso el abandono del proyecto: ¡miren, estamos a medio camino y solo se ha alcanzado el 1 % del objetivo! Aquellos que fueron más prudentes, o los expertos en dinámica exponencial, entendieron que todo iba bien. El logro de la duplicación del 1 % de los pares de bases descodificados

cada año durante los siete años anteriores significaba que en otros siete años de duplicaciones, el proyecto alcanzaría su objetivo del 100 % de descodificación de la totalidad del genoma humano.

Son muchos los fenómenos que están sometidos a un crecimiento exponencial: poblaciones y reacciones nucleares en cadena, por nombrar solo un par de ejemplos. Las poblaciones crecen exponencialmente porque, habida cuenta de que, generación tras generación, las parejas tienen de promedio más de dos hijos, el incremento será acumulativo: aquellos descendientes tendrán también más hijos. Las reacciones nucleares en cadena se producen también cuando los materiales fisibles, el uranio por ejemplo, entre otros productos de fisión produce neutrones, que antes de abandonar el volumen de material generan otra descomposición aparte de átomos de uranio, lo que produce otros neutrones, y así sucesivamente.

Lo más importante para el tema de este libro, el poder de los sistemas informáticos y de la información, también está creciendo exponencialmente, y lo lleva haciendo desde hace más de 50 años. Sin embargo, no hay una ley natural detrás de esta dinámica, ni una necesidad biológica o física. Es un proyecto de ingeniería que acabó recibiendo el nombre de la persona que lo formuló por primera vez, la Ley de Moore.

## **La Ley de Moore**

Gordon Moore trabajaba en el circuito integrado recién inventado a comienzos de la década de los 60. Estaba metido en un entorno ruidoso, en lo que se refiere a la necesidad de concentrarse en las particularidades de un nuevo fenómeno en presencia de otras muchas personas que trabajaban simultáneamente en ello. Los ordenadores prácticos irrumpieron hace más o menos un par de décadas, y cada vez son más y más potentes, pero a un ritmo que resultó ser bastante lento si lo analizamos linealmente.

Se intentaron varios planteamientos para conseguir almacenar más información para los cálculos y para ejecutarlos con mayor rapidez. Los tubos al vacío, las memorias de núcleos magnéticos y otros componentes a los que los medios de comunicación de la época bautizaron con el nombre de “cerebros electrónicos”, eran engorrosos, mostraban unos altos índices de fallos y necesitaban veintenas de especialistas que se encargaran de ellos para cerciorarse de su funcionamiento. El coste de los ordenadores era de millones de dólares y, solo los programas nacionales de investigación o las empresas más grandes, podían permitírselos.

El invento del transistor para ser utilizado como componente básico para el cálculo, abrió las puertas a una producción, montaje y funcionamiento de los ordenadores mucho más fiables y baratos. Los transistores podían ser empaquetados junto con otros componentes y así crear una valiosa unidad de cálculo llamada circuito integrado. No tan solo eso, sino que dada su naturaleza, existía la posibilidad de predecir el desarrollo de unos componentes de próxima generación más pequeños, más rápidos y más baratos que los anteriores.

Gordon Moore supo advertir cuáles eran las posibilidades actuales de los procesos de producción, así como el incremento de estas posibilidades en pocos años. Basándose solo en un puñado de puntos de datos trazados en un trozo de papel cuadriculado que todavía sobrevive después de 50 años, formuló con valentía la predicción de que el número de transistores que podía alojarse en un determinado circuito integrado se duplicaría cada año. Posteriormente corrigió la predicción a dos años, y finalmente la estableció en 18 meses, que es el valor actualmente aceptado y utilizado.

Teniendo en cuenta que solo disponía de unos pocos puntos de datos, esta predicción era bastante audaz, por no decir imprudente. Sin embargo, desde la perspectiva actual, parece que esta intrépida ambición es lo que verdaderamente se necesitaba. Porque lo que sucedió es que, espoleado por la curiosidad, el deseo de sobresalir y la competencia económica esencial, se organizaron más y más grupos de ingenieros para crear circuitos integrados más potentes. Junto con todos los sistemas de apoyo necesarios, juntos tejieron una industria entera. Al comienzo, este proceso se vio impulsado por la capacidad individual de estos grupos y por su capacidad de sacarlo al mercado. No obstante, posteriormente, la Ley de Moore se convirtió por sí misma en una fuerza impulsora, una especie de profecía autocumplida, así como un indicador con el cual medir los logros de los diversos grupos.

Se predijo repetidamente que la Ley de Moore fracasaría en su deseo de seguir manteniéndose en la siguiente generación, y tarde o temprano está obligada a hacerlo con sus formulaciones más estrictas. En términos más generales, con la extensión de sus predicciones al poder de la informática hay razones para creer que todavía es posible mantenerla durante mucho tiempo. Con solo cambiar la silicón por otros sustratos para los circuitos, crear componentes tridimensionales, sustituir las arquitecturas que ven un impedimento en los fenómenos cuánticos para quienes las explotan al máximo... existen muchos criterios para superar las posibles barreras que se encontrarán para demostrar la oportunidad de esta ley, de la misma manera que se han superado otras en los últimos cincuenta años.

Cabe señalar que la divulgación del conocimiento es la base de la Ley de Moore. Ningún grupo individual que trabajara en secreto podría esperar ser el único capaz de resolver los problemas que van surgiendo en el camino de la próxima generación de soluciones, o el único que lo intenta. Esto solo será posible con la colaboración de muchos grupos. Basta con que uno de ellos consiga un avance para el descubrimiento de la solución necesaria. Todos los demás lo aprovecharán gracias a unos acuerdos de licencias que incorporan la solución en las plantas de producción de próxima generación para la producción en masa de circuitos integrados, que hoy son producidos en miles de millones al año.

El complejo ecosistema de enclavamiento de la infraestructura industrial necesario para mantener el ritmo de la evolución en la informática no se reduce a la propia producción de circuitos integrados. También deben evolucionar las herramientas de fabricación para la creación de los circuitos, los sistemas de software que permitan diseñarlos y la ayuda financiera necesaria para invertir en plantas, materias primas, perfeccionamiento, y lo que es más importante... capital humano.

Independientemente de cuales sean los límites físicos fundamentales para el crecimiento del cálculo, ponderado por la generalizada Ley de Moore, todavía quedan muy lejos. Los avances que hemos vivido en los últimos 50 años de crecimiento del poder de la informática van a verse infinitamente eclipsados por los avances de los próximos 50 años. De hecho, en los dos próximos años van a verse superados por la propia naturaleza del crecimiento exponencial, Y de nuevo a los dos años siguientes, y así sucesivamente.



## El poder de las duplicaciones

No importa, evidentemente, la rapidez con la que se desarrolla una secuencia exponencial. No es necesario que se duplique en un año para que sea exponencial. Son unidades meramente arbitrarias, y lo hará cualquier cambio acumulativo donde la cantidad resultante aumente en la cantidad expresada en el propio resultado. Si tenemos una cantidad de 100 y ésta aumenta en 10, obtendremos 110, 120, 130, etc. Esto es un crecimiento lineal. Pero si tenemos una cantidad que aumenta un 10 %, entonces la secuencia será 110, 121, 133, y así sucesivamente. Esta pequeña diferencia, que no parece ser demasiado significativa al principio, es lo que prima. Esto es el crecimiento exponencial.

Hay muchas maneras de expresar este poder, y muy sorprendentes para quienes están acostumbrados a razonar linealmente.

Miremos por ejemplo la suma de esta secuencia: 1, 2, 4. La suma  $7 = 1+2+4$  es la cantidad total de la secuencia entera. Y el próximo paso de esta secuencia es 8, cifra superior al total de todos los pasos precedentes. Esto sucede en todos los crecimientos exponenciales. ¡En el próximo período de duplicación del cálculo, en solamente 18 meses, gracias a la Ley de Moore, habrá más transistores y circuitos integrados creados (y ordenadores fabricados con ellos y cálculos realizados gracias a ellos) que en toda la historia de la informática de los últimos cincuenta años o más!

## ¿Cuándo es demasiado tarde?

Otro ejemplo que ilustra el poder de los exponenciales es un sistema cerrado, por ejemplo una charca en la que vive una población de ranas. Si las algas hacen que el lago sea inhabitable para las ranas, y estas cubren cada vez una mayor superficie del lago, desde solo una fracción a una duplicación del uno por ciento cada semana, ¿cuánto tiempo deben vivir las ranas antes de que las algas cubran la mitad de la charca? Por suerte la respuesta es clara: ¡solo una semana ya que en la siguiente duplicación el lago quedará totalmente cubierto por las algas! Lo más alarmante, quizás, es que con solo el 1 % quedan menos de dos meses para que las ranas huyan a otra charca, o busquen la manera de parar la propagación de las algas.

Nuestra posición privilegiada nos permite ver que lo que sucede en la charca es perjudicial para las ranas. Y esta capacidad para recopilar datos, analizar y prever supone una enorme responsabilidad para comprender si la charca está en buenas condiciones o no. La adopción de medidas para el control de la charca, el recuento de las algas no puede ni será realizado por otros, pero nosotros sí podemos hacerlo.

Los diversos ejemplos de cambio exponencial que hallamos en la naturaleza se autoalimentan, pero raramente se agrupan en cadenas interactivas que se alimenten recíprocamente. Por otra parte, nuestra civilización tecnológica está llena de cadenas que se retroalimentan y que mantienen la aceleración del cambio exponencial.

## **El proyecto de Ray Kurzweil**

El inventor, autor y cofundador de la Universidad de la Singularidad, Ray Kurzweil, lleva décadas recogiendo datos sobre el fenómeno exponencial. De hecho, no basta con reconocer lo que sucede. La explosiva naturaleza de los exponenciales es tal que la elección del momento oportuno es fundamental si uno quiere deslizarse sobre la ola en lugar de quedarse viéndola de lejos.

Súbase demasiado pronto a la ola, y quienes dicen lo contrario lo tendrán fácil para abatir su entusiasmo o el de sus proveedores de fondos, porque el repunte de la secuencia que sigue el rastro de la hipotética unidad de nuestras secuencias de ejemplo, no se producirá. Súbase demasiado tarde, y ya habrá desplegado todo su poder cuando quiera subirse a ella, lo que hará que el esfuerzo sea costoso, difícil o incluso imposible, mientras los demás habrán coronado ya la cresta.

Desde los escáneres planos al reconocimiento óptico de caracteres, desde la síntesis musical a la síntesis de voz o los sistemas portátiles para invidentes, todos los inventos de Kurzweil son fruto de un profundo conocimiento de la elección del momento oportuno. Cuando acelerar la investigación y desarrollo para que en el momento en que los sistemas hardware de apoyo alcancen el precio justo y el nivel de integración adecuado, todos los demás componentes del software, la interfaz de usuario, los sistemas de desarrollo y la totalidad del ecosistema de apoyo estén también preparados.

En el Instituto Santa Fe basado en la investigación de Bela Nagy, hay una base de datos completa de fenómenos exponenciales a la que puede accederse para estudiarla y expandirla aún más.

Kurzweil reconoció también que con los sistemas recíprocamente interconectados y comunicados de conocimiento humano que no crecen aislados sino que se refuerzan mutuamente, hay exponenciales que se alimentan de exponenciales. A este efecto resultante lo bautizó con el nombre de Ley de Rendimientos Acelerados, que contradice la sabiduría adquirida de la economía clásica en la que se supone que para alcanzar un determinado incremento del rendimiento económico, es necesario que haya una cantidad progresivamente mayor de entrada de capital disponible, la llamada Ley de Rendimientos Decrecientes.

Al igual que la Ley de Moore, la Ley de Rendimientos Acelerados formulada por Kurzweil es una profecía autocumplida, sostenida por las comunicaciones abiertas y los grupos competidores que aspiran a alcanzar el éxito y la excelencia en sus iniciativas de investigación y de producción industrial. Decididamente pueden infringirse ambas leyes. Si dejamos de creer en la ley de gravitación universal y nos tiramos del quinto piso de un edificio, podríamos hacerlo miles de veces y nunca dejaríamos de caer como una piedra, siendo lo más probable que nos matáramos. Pero si no hubiéramos intentado hacer unos circuitos mejores, o si hubiéramos decidido que no valía la pena esforzarnos para hacer unos paneles solares mejores, unas mejores baterías, etcétera, siempre y cuando se hubiera detenido también todo el mundo, estos circuitos, paneles y baterías no existirían.

A fecha de este escrito, Kurzweil es Director de Ingeniería de Google, y según sus propias palabras, el primer trabajo que ha tenido. Gracias al uso de los recursos proporcionados por la empresa, está aplicando sus conocimientos en la creación de una interacción del lenguaje natural con los ordenadores, y en la próxima oleada de interacción del usuario, que hará que los ordenadores sean todavía más fáciles de usar y más capaces de satisfacer nuestras necesidades.

## **Conexión de las curvas S**

Una crítica frecuente del análisis y las predicciones de Kurzweil se basa en un malentendido de lo que constituye el exponencial del que habla. Los críticos destacan el hecho de que lo que parece ser un exponencial es en realidad la primera mitad de una

curva S o curva logística. Al comienzo parece un exponencial, dada la explotación de las ventajas de una determinada tecnología. No obstante, al cabo de un rato se desestabiliza porque cada vez es más difícil extraer más ventajas de la misma tecnología. Acaba agotándose y falsea la creencia en el poder de la tecnología de quienes predicaban unos exponenciales interminables.

Sin duda es verdad: a lo largo de su ciclo, llega un momento en que todas las tecnologías individuales no dan más de sí. A medida que van acercándose a este límite, es inútil querer insistir en exprimir las más, tanto desde el punto de vista de la ingeniería como de la economía y la rentabilidad. Y esta es la razón por la que nuevos grupos con nuevas ideas intentarán alcanzar el resultado deseado a través de unos enfoques distintos. Los inteligentes captarán el momento en que se agotará la actual generación de tecnologías y trabajarán en paralelo con los grupos punteros del momento para encontrar una nueva tecnología que alcance el objetivo a escala, y mejor que antes. El ciclo de algunas duplicaciones exponenciales se repetirá y se necesitará una tercera generación de soluciones, y así sucesivamente.

El efecto acumulativo de estas diferentes curvas S, que allanarán las terminaciones de cada una y que se entrelazarán más o menos a la perfección en una cadena de ingenio, innovación y desarrollo industrial, traza el exponencial que apunta Kurzweil en sus análisis.

Si hablamos de informática, por ejemplo, ha habido un gran número de generaciones de tecnologías informáticas, todas ellas punteras en su momento, que han sido forzadas al máximo y se han visto desbancadas por la siguiente, por otra mejor, más barata y más rápida en la generación del resultado deseado. Década tras década, los relés mecánicos, los tubos al vacío, los transistores y los circuitos integrados han permitido la construcción de los ordenadores más rápidos y más potentes del mundo. Las empresas que los utilizaron fueron líderes en su época y forzaron al máximo las tecnologías, y fueron sustituidas por otros nuevos modelos basados en las nuevas tecnologías en solo unas cuantas duplicaciones del rendimiento.

Otro ejemplo de que en estos años estamos asistiendo a un cambio radical, lo encontramos en el almacenamiento permanente de la memoria. Las cada vez mayores cantidades de datos que deben ser constantemente registradas por nuestros ordenadores para que, cada vez que se interrumpa el suministro eléctrico y el ordenador se despierte más tarde, podamos recuperar los datos sin necesidad de empezar de nuevo desde cero.

Desde las tarjetas perforadas a la memoria de núcleos magnéticos, la cinta magnética y los discos duros giratorios, ahora que estamos a punto de trasladar el almacenamiento por las necesidades de la próxima generación de un soporte de estado sólido (almacenamiento flash), que va a ser capaz de memorizar órdenes de mucha mayor importancia, y al que se podrá acceder de una manera mucho más rápida, fiable y asequible que con cualquier generación anterior de dispositivos.

## Exponenciales por doquier

Son muchas las tecnologías que pueden verse a través de la lente de dicha interpretación exponencial de este cambio acelerado. Los períodos de duplicación pueden ser distintos, obviamente, de los 18 meses establecidos por la Ley de Moore en los que solíamos confiar.

En la energía solar hablamos de la ley de Swanson, que representa el descenso del precio por vatio de un panel fotovoltaico. A partir de 1974, gracias a la creación del primero de estos dispositivos, el coste de más de 70\$ por vatio se redujo a 0,30\$ por vatio, y el precio continúa bajando. Este descenso es fruto de las economías de escala, de una mejor comprensión de los procesos de fabricación y del nacimiento de un ecosistema de financiación, implementación y mantenimiento de los módulos, así como de los nuevos enfoques básicos de los materiales y de los métodos de construcción, que aumentan considerablemente la eficiencia de un determinado módulo que transforma la luz solar en electricidad.

Hay una duplicación de la capacidad de almacenamiento de nuestras baterías. Esta duplicación es un período de diez años más sosegado (y exasperante si cree que dedica demasiado tiempo a la carga de sus dispositivos ávidos de potencia). Dependiendo de la metalurgia, la química y los procesos de fabricación, cabe imaginar que en la ilustración de la Ley de Rendimientos Acelerados de Kurzweil, la industria encontraría una manera de acelerar la duplicación mediante la adopción de un enfoque radicalmente nuevo y así lograr la práctica aplicación de lo que antes era imposible.

## Un 100 % nada mágico

Los objetivos establecidos por los propios programas de investigación tales como el Proyecto Genoma Humano, son a menudo ligeramente arbitrarios. Representan un indicador útil pero no el objetivo del desarrollo de los procesos o de su sofisticación, ni por supuesto el deseo de conocimiento y de la posibilidad de adquirirlo de una manera más rápida y económica. Tras la descodificación del genoma humano de un único individuo se esconde la tarea de hacer lo mismo en otros siete mil millones de personas. Detrás del genoma humano está el genoma de otros animales, o de las bacterias de los océanos, o de las bacterias que simbióticamente viven continuamente en todos nosotros y que constituyen nuestro microbioma.

La capacidad de descodificar el genoma humano no se detuvo a la proporción de uno por tres mil millones de dólares en quince años. Ciertamente no hubiéramos sacado mucho provecho de esto. En los quince años transcurridos desde este primer éxito, las tecnologías inventadas, perfeccionadas, implementadas y sustituidas por otras mejores, permitieron un progreso asombroso: hoy es posible descodificar un genoma humano en su totalidad por dos mil dólares y en el plazo de un par de semanas. Pero el avance tampoco acaba aquí, y es posible prever la disponibilidad en los próximos diez años de tecnologías que permitirán la descodificación de un genoma por menos de diez centavos y en solo un segundo. Cabe pensar en las transformaciones que comportará este tipo de cambio en el ámbito de la sanidad, los seguros, la privacidad y muchos otros más.

El mensaje es que no hay nada mágico en un determinado límite al que acabamos llamando unidad o 100 %, y que fue el poder del invento y de la implementación el que hizo que las tecnologías alcanzaran este umbral no se detuvieran sino que continuaran, ofreciendo mejoras en el resultado deseado a precios más bajos y a una mayor velocidad.

## Inteligencia artificial

## La Naturaleza de la Inteligencia

El núcleo de este libro podría ser un análisis filosófico de la inteligencia propiamente dicha, y si es posible su descripción en términos científicos, o bien si representa una esencia irreductible e irreproducible.

De hecho, esta ha sido la labor, bajo diversas formas, de los filósofos durante miles de años. Con la inclusión de la naturaleza de la verdad, la belleza, el bien y el mal, la moralidad, la ética y la estética, la filosofía tenía todo lo necesario para establecer unas consideraciones prácticas. Por el contrario, la división del conocimiento en dos campos, el de la comprensión abstracta y el de las consecuencias prácticas, habiendo sido este último desaprobado y considerado inferior por los seguidores del primero, ha sido un puntal de la filosofía occidental desde Aristóteles.

Este libro contempla varias hipótesis, y el hecho de que la inteligencia pueda ser comprendida, analizada y reproducida es una de las fundamentales. En los últimos libros de los filósofos que no menosprecian ser entendidos por muchos, se incluyen maravillosos argumentos del porqué debería ser así.

En general, a los efectos de este libro, definiremos la inteligencia como la capacidad de la materia para organizarse de una manera que le permita buscar soluciones a los objetivos mediante la esquematización de una vía de acción pertinente, y para organizar tanto los recursos abstractos como los concretos para alcanzarlos.

El cerebro humano es una masa de materia que está dotado de un determinado coeficiente de inteligencia. Y utilizo a sabiendas esta expresión en lugar de “mente”. Evitaremos el escollo del dualismo que ha atascado la filosofía intentando entender una mente que se limita a ocupar el cerebro, y que arrastró a Descartes a argumentar sobre los homúnculos y la infructuosa búsqueda del tejido conectivo a través del cual la mente se conecta al cerebro. De acuerdo con este supuesto, el cerebro expresa la mente y la mente es lo que hace el cerebro.

## El turco mecánico

Durante el siglo XVIII, un fascinante artilugio recorrió las cortes de los reinos de Europa. Diseñado por el húngaro Wolfgang von Kempelen, consistía en una caja grande

encima de la cual se sentaba un muñeco de madera; lo que hoy llamaríamos un robot. Jugaba al ajedrez y ganaba a cualquiera que intentara jugar una partida con él, de manera infalible y con precisión mecánica. La afirmación de Von Kempelen de que había construido un autómata capaz de actuar con inteligencia quedó desenmarañada cuando se demostró que la caja albergaba a un enano. Gracias a su dominio del ajedrez, el enano pretendía ser la inteligencia del robot. En realidad era el homúnculo de una configuración artificial de inteligencia mecánica. Constituía una inteligencia artificial, artificial.

## **Pruebas de Turing para los humanos**

Cuando en los años 40 nacieron los primeros ordenadores eléctricos, Alan Turing formuló una nueva prueba para la inteligencia de las máquinas. La prueba de Turing, tal como es llamada hoy, afirma que hay razones de sobra para creer que una máquina es inteligente si es considerada inteligente a través de sus acciones por un equipo de jueces humanos. Durante la prueba, la configuración de la prueba oculta la máquina a los humanos, y mezcla la máquina y sus resultados con otros humanos que durante la prueba pretenden ser máquinas y que quieren que los jueces decidan si son máquinas o humanos. Turing lo llamó “el juego de imitación”, probablemente convencido de que era menos trascendente que la fascinación que ahora despierta. Con demasiada frecuencia y de una manera algo grandilocuente, alguna fuente periodística anuncia la superación de la prueba de Turing. Generalmente, cuando se analizan las transcripciones del diálogo escrito entre la máquina ganadora y su juez humano, parece que la máquina, o mejor dicho los programadores que se esconden detrás, hacen bromas, cambian de tema y otras banalidades.

## **Ajedrecistas expertos**

En 1996, el entonces campeón mundial de ajedrez, Gerry Kasparov, fue derrotado por una máquina llamada Deep Blue, especialmente diseñada y construida por IBM con este propósito. Decididamente, la máquina no podía intentar superar la prueba de Turing en su juego de imitación basado en el diálogo escrito que abarca temas generales. No obstante, gracias a su hardware y software especializados en el análisis y el descarte de millones de movimientos en el árbol de posibilidades del juego del ajedrez, hasta que decidía cuál era el mejor movimiento en una determinada configuración, fingía sin



embargo ser lo suficientemente inteligente en el juego para ganar e incluso enfurecer a Kasparov.

Si el juego de imitación de la prueba de Turing consiste en convencer a un grupo de humanos de que una máquina puede mantener un diálogo similar al de los humanos gracias al uso de las reglas de sintaxis y semántica, la prueba de Kasparov, el juego del ajedrez consiste en convencer a un jugador de ajedrez que ha perdido contra una máquina que juega con arreglo a las reglas del ajedrez. Y lo que es más significativo, en este caso no existe una diferencia propiamente dicha entre la máquina que pretende saber jugar al ajedrez y alguien que sabe jugar al ajedrez.

Durante las diversas fases de la competición entre Kasparov y Deep Blue, los ingenieros de IBM retocaron los algoritmos de la máquina, lo que conllevó las enérgicas protestas del campeón ruso. ¿No era capaz la máquina de aprender durante la partida? Los retoques, que redundaron en un aumento de su inteligencia y posiblemente contribuyeron a su victoria, fueron admitidos por los jueces del torneo.

## **Sistemas expertos e inteligencia artificial restringida**

Cuando se aplican a un hardware especializado como la Deep Blue de IBM, o en arquitecturas informáticas más generalizadas, incluso en ordenadores personales, los sistemas que simulan el poder de decisión de un humano en un determinado campo especializado reciben el nombre de sistemas expertos. En la década de los 80, el campo de la inteligencia artificial (IA) estaba dominado por el desarrollo de los sistemas expertos. En ámbitos tan diversos como el diagnóstico médico o la planificación financiera, se codificó en reglas el conocimiento de expertos en una determinada área que eran puestas en marcha por motores de inferencias capaces de aplicarlas con arreglo a los datos proporcionados con el fin de generar una recomendación para una línea de acción: qué posible enfermedad sugerían los síntomas, o qué préstamo era el más apropiado para una determinada situación financiera.

Estos sistemas expertos mostraron una relativa eficacia, y todavía se utilizan en varios campos, pero no representan un intento de crear un modelo general de inteligencia

y no pueden considerarse el paso intermedio del camino hacia una inteligencia artificial general experta en todos los campos.

## Esperanzas y decepciones

Muchos de los profesionales originales de la IA siguen creyendo en la posibilidad de construir rápidamente ordenadores que muestren una mayor capacidad de pensamiento, creatividad y resolución de problemas. Se aprovecharon de los estimulantes ambientes del mundo académico, desde el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) a la Universidad Stanford y otros lugares, para la creación en los años 60 de laboratorios que estudiaran las posibilidades. Y muchos de ellos abandonaron el mundo académico para obtener fondos de la industria o capital de riesgo con la esperanza de instaurar una innovación ampliable y sostenible mediante la aplicación de lo aprendido en los laboratorios.

La mayoría de las reivindicaciones expresadas, aun teniendo en cuenta el constante desarrollo del hardware disponible que servía de base para los sistemas informáticos de IA, no fueron atendidas. O al menos no alcanzaron la trascendencia que necesitaban los financiadores para justificar sus continuas inversiones. En la década de los 80 llegó el llamado “invierno de la IA”, y parecía que este escenario no iba a cambiar el mundo con la profundidad que inicialmente se creía.

Esto es un efecto común de la incompreensión de los exponenciales. El entusiasmo de las personas externas generado por su escaso entendimiento de los principios subyacentes, junto con la premura de los expertos por ofrecer unos resultados consistentes, se concentra en unos cuantos puntos de datos con una interpolación lineal. ¡Pero el crecimiento lineal al principio de un exponencial es en realidad superior! Por consiguiente, aquellos que infravaloran el posterior poder del exponencial están también expuestos a cometer el error de sobreestimarlos al principio.

## El papel del aprendizaje

Cuando nacieron los ordenadores, su arquitectura inicial no coincidía con la de lo que hoy conocemos como un ordenador. Se parecía más a una herramienta especializada que solo podía utilizarse para un determinado propósito que al instrumento universalmente adaptable que utilizamos diariamente hoy. El hardware era diseñado para

ser optimizado y literalmente adaptado a esta tarea individual, y no era factible reconfigurarlo para hacer otras cosas.

Hasta la aparición al cabo de un tiempo del ordenador con memoria almacenada, implementado con la arquitectura de Von Neumann, que no distinguía entre los números que representan datos y los números que representan instrucciones, no fue posible hablar de un ordenador universal. Incluso entonces se requirió un nuevo desarrollo para completar el concepto de programación del ordenador y de representación de los programas en unos formalismos de mayor nivel, lenguajes abstractos que podían entonces traducirse y recopilarse en el lenguaje de la máquina, y que eran los pasos directamente ejecutados por el ordenador.

La escritura de estos programas estableció una nueva forma de arte a mediados del siglo XX, y aunque algunos componentes básicos como las ramificaciones y los bucles ya habían sido previamente conceptualizados antes de que se convirtieran en los elementos prácticos de un programa en marcha, se necesitaban unas herramientas más sofisticadas para conciliar unos programas cada vez más y más grandes y garantizar una capacidad de ejecución sin problemas.

Cómo podían escribirse los programas, y si los propios programas podían ser considerados como datos, con otras partes del programa reescribiéndolos en caso de necesidad y cambiando el funcionamiento del programa principal en curso de ejecución, fue una de las cosas que Turing consideró y comparó con el papel del aprendizaje en los humanos.

Si somos capaces de construir un programa que juega al ajedrez, otro que hace diagnósticos médicos u otro especializado en recomendaciones financieras, ¿podríamos construir programas que fueran eficaces en todas estas cuestiones y en otras más? ¿Podríamos construir un programa que al ejecutarse en un ordenador sofisticado y potente pudiera enfrentarse a un problema, a cualquier problema, y fuera capaz de analizarlo, de obtener los recursos necesarios y de resolverlo? ¿Seremos capaces de construir un programa que identifique y resuelva los problemas, en un sentido absolutamente universal, en el que su programación no sea inamovible sino que se adapte variablemente en función de las necesidades representadas por el entorno? Esto es lo que llamamos Inteligencia General Artificial.

## Inteligencia General Artificial

Este libro contempla la suposición de la posibilidad que hay en realidad de construir todo cuanto sea necesario para que aflore un comportamiento capaz de analizar y resolver un conjunto arbitrario de problemas. Construir un hardware lo suficientemente potente en términos de velocidad de ejecución y con la capacidad necesaria de almacenamiento y acceso a la memoria así como, en términos prácticos, que este hardware fuera manejable, pudiera ser alimentado con una cantidad factible de energía y fuera posible construirlo con los recursos de los que disponemos o dispondremos cuando sepamos cómo construirlo. Y también en la posibilidad de construir un software, el conjunto de programas que ejecuta el hardware, capaz de recopilar los datos disponibles para la resolución del problema, para acceder y utilizar dinámicamente la base de conocimientos que se derive de los posibles criterios de abordaje del problema, y que sea lo suficientemente flexible para combinar estos enfoques de una manera innovadora, o para establecer unos enfoques totalmente nuevos con el fin de resolver óptimamente el problema con la ayuda de los recursos y los datos disponibles.

## El carácter cuestionable de la prueba de Turing

La predicción inicial realizada por Turing a mediados del siglo XX de que la prueba de Turing no superaría los 50 años, ha demostrado ser falsa. Mantenemos un diálogo constante con nuestras máquinas, y de hecho, con la desaparición de los teclados a favor de unas pantallas táctiles cada vez más y más pequeñas, o la desaparición de los propios ordenadores en el entorno, las interfaces de conversación son la forma natural de interacción entre el ser humano y el ordenador. Sin embargo, no nos hacemos ilusiones en cuanto a mantener un diálogo con un humano dirigido por una máquina y conversar con él.

En cierto sentido es lo cabe esperar. El objetivo de simular ser un ser humano solo está justificado desde un punto de vista hollywoodiense, pero no es necesariamente beneficioso más allá de cierto punto. Un robot podrá adoptar una forma humanoide, por ejemplo ser bípedo o tener manos, ya que de este modo podrá moverse mejor por un entorno humano lleno de peldaños, escaleras, puertas y pomos. Pero una vez sea capaz de hacerlo, los esfuerzos adicionales realizados para tener una apariencia humana solo constituirán una buena inversión si se demuestra que, por ejemplo, la reacción psicológica

de los humanos es mejor ante un robot con aspecto humano que ante un robot con aspecto de robot.

Del mismo modo, una conversación destinada a obtener un resultado práctico, como por ejemplo reservar un billete de avión teniendo en cuenta las docenas de limitaciones y los millones de posibles combinaciones de compañías aéreas, horarios de vuelo, conexiones y opciones de asiento, no se beneficiará de la inclusión de los caprichos humanos, lo que aumentará la probabilidad de que la máquina sea vista más como máquina que como ser humano. Una tos inoportuna, una pincelada cómica, o una acotación sobre una observación que pueda producirse en la conversación, solo serán admitidas por el sistema de diálogo si comporta una venta más rápida de un mayor número de billetes y con un mayor grado de satisfacción del interlocutor humano.

El valor que se deriva de la interacción con el robot o de la conversación con la máquina para la contraparte humana, es un objetivo de por sí. Existe un concurso anual financiado con premios en efectivo que mantiene vivo el espíritu de la prueba de Turing. Los chatbots participantes utilizan todo tipo de trampas para despistar a los jueces humanos y hacerles creer que son seres humanos. Existe la posibilidad de acceder a muchos de ellos a través de una interfaz web online para charlar con ellos. No obstante, tal como se desprende de la relativamente modesta cantidad de inversión destinada a los concursos anuales, existe consenso general sobre la existencia en otro lugar del sentido de una investigación realmente fructífera.

## **La ineludible antropomorfización**

Junto con otras varias amenazas filosóficas, no resueltas durante miles de años, la diferencia entre sustancia y emulación repercute en la prueba de Turing. Sin embargo, la conclusión de Turing es muy práctica: si no existe una diferencia estadísticamente significativa en el resultado y sus efectos, entonces no hay motivos para creer que existe una diferencia en la sustancia.

Desde un punto de vista epistemológico, es evidente que esto no es cierto en absoluto. Podemos tener un sistema que parezca idéntico a otro que simula miles de combinaciones distintas de entrada, y de repente, genera un resultado inesperado para un determinado conjunto de entradas, totalmente diferente del generado por el original. Este hecho ha sido explotado en numerosas obras de ficción o películas de Hollywood, en las que los supuestos iniciales están sustancialmente falsificados.

El funcionamiento de la percepción humana es natural e ineludible para las cualidades y las características humanas en objetos o seres no humanos. Desde los juguetes de nuestra infancia que simulaban ser perros y gatos, o la manera en que describimos el funcionamiento de los aparatos que no ejecutan las órdenes como querríamos, la tentación de dotarles de rasgos humanos es irresistible. Les dotamos de intención, deseo, voluntad y libre albedrío, emociones, empatía y muchos otros rasgos, con el resultado de que asumimos que su conducta incluye un conjunto más amplio de las opciones mostradas por los actores humanos. Este útil atajo permite decir sucintamente que un televisor “se acuesta” cuando se ajusta convenientemente el temporizador, además de una lista ilimitada de otras expresiones convenientes. Nadie hubiera entonces generalizado y atribuido a un televisor unos rasgos y unas conductas humanas más amplias.

Una de las preguntas cruciales que se debatirán con mayor profundidad más adelante es ¿cuándo dejará de ser significativa esta diferencia? Hasta entonces es conveniente recordar que las expresiones atribuidas a los sistemas complejos en la descripción de su comportamiento forman parte de una metáfora que no implica de por sí la igualdad.

## **Predicciones para la IGA**

La mayoría de la gente que trabaja profesionalmente en el campo de la inteligencia artificial no ve ninguna barrera teórica que impida la creación de la Inteligencia General Artificial (IGA) antes descrita. Existe cierto desacuerdo en la naturaleza fundamental del resultado y en una serie de predicciones ampliamente extendidas sobre cuándo se logrará crear una IGA.

Hay una encuesta informal realizada a expertos en IA que exponen sus respuestas en función de su escala temporal para la implementación satisfactoria de la IGA. Hasta dentro

de cien años o más, es decir después del final del siglo XXI, las respuestas de las últimas encuestas han empezado a aglutinarse en torno a mediados de este siglo, con una dispersión en las respuestas cada vez más estrecha.

## Las arquitecturas de las IGA

Las dos rutas principales que conducen a las IGA consisten en la comprensión y la simulación del funcionamiento del cerebro, así como en la reimplementación de su capacidad flexible para la resolución de los problemas a través de diferentes medios.

Las redes neurales y lo que ahora llamamos algoritmos de aprendizaje profundo, permiten que un sistema tome decisiones sobre unas entradas complejas y los posibles resultados con la ayuda de un mecanismo de retroalimentación que no requiere las normas concretas que rigen las decisiones que deben adoptarse de forma explícita. Con solo ejecutar el sistema a través de un escenario simulado en el que los resultados positivos y negativos obtenidos en cada fase puedan ser claramente observados, y que la generación de las variaciones en las decisiones permita que el sistema pruebe una amplia variedad de opciones escogidas entre las respuestas recibidas, en un tiempo y con unos recursos informáticos suficientes, generarán sorprendentemente unos resultados altamente eficientes.

Mediante la aplicación de estas iniciativas de aprendizaje profundo en docenas de videojuegos de los años 80, ahora es posible desarrollar un sistema que no tan solo juegue bien sino que juegue mejor que los humanos. Al principio, estos juegos funcionaban con su propio hardware y en cabinas aisladas que funcionaban con monedas, confinadas en las salas de juego. Hoy viven en el interior de grandes ordenadores capaces de simular el hardware del juego con absoluta precisión, así como el programa de software que los ejecuta. Los juegos posteriores, aprendidos de nuevo por estos algoritmos sobrehumanos, se encuentran en las consolas de primera generación. En ambos casos puede argumentarse que la serie completa de juegos representa los múltiples problemas de un universo de videojuego, y que en este sentido, la capacidad del enfoque del aprendizaje profundo para dominarlos con una aportación muy escasa o inexistente con relación a sus objetivos, reglas, mecanismos de entrada, etc., es, dentro de los límites de este universo en concreto, el comportamiento de una IGA.

## El hardware de la IGA

Nos estamos acercando a los límites del transistor de silicón tradicional y deberán adoptarse nuevas medidas en una ley de Moore generalizada a través de diversos sustratos y diversas arquitecturas de hardware.

Ya se están diseñando los chips de próxima generación utilizando CADs, sistemas de diseño asistido por ordenador, que a su vez son alimentados por los chips y el software de la generación actual, que no tan solo codiseñan eficientemente el hardware con el software sino también ordenadores más potentes con otros menos potentes. Es natural y probable que la IGA, aunque menos formada, participe ya en el proceso.

## Computronio y Cerebros de Júpiter

El extremo teórico del incremento del poder del procesamiento en la organización de la materia para el cálculo recibe el nombre de computronio. En pocas palabras, independientemente de los átomos que la compongan o de cómo esté estructurada, representa la forma más densa posible de materia para los cálculos. Por consiguiente, la única manera de que los sistemas basados en el computronio aumenten su potencia, es incrementando su masa.

Las potentísimas IGA hechas de computronio y del tamaño de un planeta gaseoso gigante, reciben el nombre de Cerebros de Júpiter. Todavía posiblemente ávidas de cálculos y de más materia que convertir, exploran un sistema solar en busca de otros planetas que comer.

Un argumento ontológico para que la velocidad de la luz sea un límite máximo para la propagación de las señales que ningún futuro desarrollo podrá sobrepasar, relacionado con el argumento de la simulación descrito hacia el final de este libro, que procede de este último y como consecuencia natural tiene un tamaño superior al de los Cerebros de Júpiter. Dado que el lado izquierdo del cerebro quiere una cosa muy sencilla, por ejemplo encontrar algo de comer, no le queda tiempo para ponerse de acuerdo con el lado derecho, que es posible que quiera ir en otro sentido, antes de que ambos lo hagan y que el objeto se rompa físicamente en dos.



## **Superación personal**

Los objetivos que debe alcanzar un determinado sistema definen su arquitectura, sus componentes, sus recursos, su manera de trabajar y sus resultados. En función de la complejidad del objetivo, el camino para alcanzarlo puede ser directo y evidente o estar propiamente compuesto por pasos intermedios. Algunos de estos pasos intermedios pueden ser fáciles o incontrovertibles, frente a otros menos evidentes, o presentar unos enfoques alternativos claros. La elección de los enfoques alternativos puede depender de los resultados anteriores, o podría suceder que de antemano sea prácticamente igual decantarse por uno que por otro. Con posterioridad al hecho, existe la posibilidad de establecer si la opción elegida era, si no la mejor, una de las mejores, o si por el contrario, era ineficiente.

Un sistema más flexible para alcanzar el objetivo es su propia organización para lograr sus objetivos, dicho de una manera más explícita, dedicar parte de sus recursos a estos tipos de consideraciones no relacionadas con el objetivo, sino con los medios, las herramientas y los métodos para alcanzarlo. El metarrazonamiento, el razonamiento sobre el razonamiento: la posibilidad de ser mejor en la tarea gracias a la comprensión de cuáles son las mejores maneras de alcanzarlo y el uso de otras inferiores en lugar de las alternativas.

La mayoría de las iniciativas de IGA incorporan algoritmos de aprendizaje que, implícita o explícitamente, permiten al sistema aplicar el metarrazonamiento. Por consiguiente, un sistema de IGA mejorará y se perfeccionará con el tiempo y alcanzará un mayor rendimiento en una determinada tarea o bien será capaz de perseguir unos objetivos más complejos con una determinada cantidad de recursos.

## **Explosión de la inteligencia**

Un sistema al que le haya sido encomendado alcanzar un objetivo complejo y que tenga la capacidad de analizar y mejorar su propio comportamiento para conseguirlo, sacará el máximo provecho de esta capacidad. Se volverá mejor con el fin de alcanzar el objetivo con mayor rapidez, o con menos recursos. Si creemos que la capacidad de

alcanzar este objetivo demuestra un determinado nivel de inteligencia, entonces una manera mejor de alcanzar el objetivo es un signo de una inteligencia superior. El sistema se vuelve más inteligente. No obstante, este proceso no se detiene por sí solo sino que, por el contrario, se autoalimentará de modo exponencial.

Un sistema más inteligente no tan solo será mejor para el logro de sus objetivos, sino que también será más inteligente en el análisis de cómo puede mejorarse el proceso. Se autoaplicarán los resultados de este análisis y después empezará de nuevo el ciclo. El proceso a través del cual se produce esta mejora autorreflexiva y reiterada recibe el nombre de explosión de inteligencia.

## **Autoconciencia e introspección**

La medida en la que un sistema es capaz de percibir su entorno y de extraer decisiones útiles de esta percepción, recibe el nombre de conciencia, al menos en el caso de los humanos. Y la medida similar con la que se aplica el mismo proceso a los estados y parámetros internos, y no a los del mundo exterior, es la autoconciencia, y el proceso de la adquisición de datos es conocido como introspección.

Salvo que estos términos se apliquen a la ligera, durante la explosión de inteligencia los sistemas de IGA se vuelven más conscientes y adquieren mayor autoconciencia debido al aumento de su capacidad de introspección.

## **Libre acceso a uno mismo**

A lo largo de la historia de diez mil años de nuestra civilización tecnológica (o de cien mil años si somos generosos y tomamos como punto de partida la adopción del fuego y no la de la agricultura), hemos luchado por aportar una base sólida a la comprensión de nuestra propia existencia. Hasta hace muy poco no entendíamos que la fórmula biológica del ADN daba lugar a los embriones y después a los individuos, y apenas estamos raspando la superficie de las complejas interacciones que expresan las posibilidades de nuestras opciones genéticas cuando interactúan con el entorno y con nuestro aprendizaje.

Si aplicamos una metáfora de los modelos empresariales, podríamos decir que los humanos se ven a sí mismos como un sistema patentado de código cerrado, carente de un

manual de usuario y de una guía del administrador. Tuvimos que aplicar lentamente ingeniería inversa en todos los componentes de nuestros cuerpos (y en el mundo que nos rodea), y de hecho, esto nos llevó lógicamente mucho tiempo. (¡Afortunadamente nadie se ha apropiado de las patentes del diseño del Universo para demandarnos por infracción!)

Cabe suponer que los sistemas de IGA que construiremos serán juzgados por su rendimiento. Por consiguiente, dado que serán capaces de funcionar mejor si pueden mejorarse a sí mismos, aquellos que lo hagan serán los preferidos. Entonces, obviamente, les ayudaremos, a pesar de los humanos, ofreciéndoles acceso a su propio código fuente, junto con unos manuales completos de instrucciones sobre cómo acceder y mejorarlo.

Las IGA no tardarán diez mil dolorosos años para conocer su ADN o el código binario. Nacerán conscientes, autoconscientes y con plena capacidad de actuar sobre sus poderes introspectivos.

## **Despegue lento**

¿Cuál será el impacto de las IGA en el mundo? En opinión de la mayoría de quienes las estudian, una vez inventadas, no habrá posibilidad de desinventarlas, de devolver el genio a la lámpara mágica. Solo una renuncia planetaria universal a la herramienta y a sus ventajas podría frenar el uso, la implementación y la profunda influencia a nivel mundial de las IGA. Solo los beneficios empresariales serían tan espectaculares que resulta inconcebible imaginar que las empresas no saquen provecho de sus excelentes capacidades de optimización y resolución de problemas.

Dado que las IGA que sean de código abierto funcionarán mejor que las patentadas, se propagará su disponibilidad y sus ventajas recaerán en el grupo más amplio posible que sea capaz de aprovecharlas.

Al igual que el sector de la electrónica extiende a través de acuerdos de licencia cruzada, las ventajas de un único invento del grupo hasta que es universalmente adoptado, lo que constituye un paso intermedio hacia las soluciones de próxima generación., las IGA difundirán la innovación entre los modelos empresariales y las organizaciones sociales, e

influirán en las vidas de los individuos transformando todo lo que les rodea y en todo el mundo.

La escuela del pensamiento llamada de despegue lento describe este proceso, impulsado por la explosión de inteligencia, en cuestión de décadas.

## **Despegue rápido**

La escuela de despegue rápido dice que uno se va a dormir, y cuando se despierta no reconoce el mundo que le rodea.

Una gran parte de lo que se debate en este libro es una base de historias de ciencia ficción. Algunas de ellas se benefician de la suspensión de la incredulidad del lector, e incluye supuestos, a menudo explícitos, sobre cómo se producirá el desarrollo tecnológico, y lo que es realmente posible a nivel teórico o práctico.

La visión de un rápido despegue, tal como se ha descrito antes, con independencia de su forma en concreto, de una transformación tan fundamental capaz de convencer a todo el mundo para que sea radicalmente distinta en cuestión de horas, se encuentra directamente en el ámbito de aquellas personas abiertas a la imaginación.

Sin duda, la capacidad de las IGA para unificar los recursos y sus objetivos, y el poder transformador de sus soluciones innovadoras para sus metas, no tendrá parangón. ¿Con qué rapidez una IGA de autosuperación empezará a utilizar el conocimiento que únicamente obra en su poder?

## **Las escalas de inteligencia**

En la descripción anterior de la arbitrariedad del 100 % de un determinado objetivo, la cuestión era el ADN y la biología. Pero es probablemente evidente que la exhibición de la inteligencia a nivel humano en un determinado momento por parte de la capacidad de resolver problemas de las IGA es también arbitraria.

La explosión de inteligencia de la superación personal prestará escasa atención a unos supuestos valores CI de 100 (la media, por definición, de cualquier grupo de humanos), 140, por encima del cual uno es considerado un genio, o 1000. Va a ser difícil medir la inteligencia de las IGA con arreglo a los métodos tradicionales basados en la velocidad para resolver determinados problemas no tan solo de matemáticas, sino también de habilidad verbal. Velocidad, firmeza, flexibilidad y creatividad serán los criterios de evaluación de estos nuevos tipos de inteligencias. Suponiendo que las nuevas escalas de medición del CO sean diseñadas para incluir las capacidades específicas de las IGA, existe la posibilidad de que comparadas con un 100 humano, en cualquiera de estas nuevas escalas las suyas podrían ser de miles o millones.

No es fácil imaginar de qué manera se manifestaría una IGA que poseyera un CI de 1 000 000. ¿Cómo decidiría interactuar con los humanos? La analogía de nuestra incapacidad para interactuar cómodamente con las hormigas, y los límites de nuestras acciones positivas aunque restringidas, por ejemplo, con los perros, puede resultar significativa y a la vez alarmante.

## **¿Es posible controlar la superinteligencia?**

Son muchas las hipótesis catastróficas que pueden desarrollarse y han sido desarrolladas en novelas y películas de Hollywood en torno al auge de las IGA, las máquinas superinteligentes, pero también recientemente en escenarios científicos más formales.

¿Cuáles son los límites de acción para una IGA? ¿Cómo podemos asegurarnos de que su entusiasmo para optimizar los recursos de los que dispone, o de los cuales puede apropiarse por sí misma, es mantenido bajo control?

Si el poder de las IGA es tan grande que podría aparecer ya en los análisis preliminares, entonces es primordial cerciorarse de que sus acciones son positivas para la humanidad. La cordialidad constante, asegurada y fiable de las inteligencias generales artificiales con los humanos y la humanidad en su conjunto, es un reto existencial cuyo impacto recuerda al que sufrieron los dinosaurios cuando se enfrentaron a su asteroide.

¿Podemos estar seguros de que será distinto? ¿Podemos diseñar un sistema ético que sea adoptado por las IGA cuando desarrollen objetivos que vayan más allá de los

marcados inicialmente? ¿Es posible crear límites y limitaciones que obliguen a reducir sus acciones a determinados límites?

En los dominios de lo desconocido, entre incógnitas conocidas e incógnitas desconocidas, las segundas son más peligrosas si se abandona este camino, o si persiste el estado de inconsciencia sobre ellos. No es propiamente una causa radical de alarma no tener respuestas exhaustivas y fiables a las anteriores preguntas fundamentales. Pero sería una muestra de irremediable irresponsabilidad descuidar la investigación de las preguntas, la búsqueda de respuestas y la garantía de que el diseño de estas capacidades no seguirá adelante sin una comprensión más profunda de las consecuencias.

## **La salida de la caja de la IGA**

Los requisitos de seguridad de determinadas tecnologías consideradas potencialmente peligrosísimas comportaron el desarrollo de unos protocolos de contención eficaces. El descubrimiento de las tecnologías del ADN recombinante y la posibilidad de las terapias génicas fueron discutidas en los años 70 en la Conferencia de Asilomar, donde se adoptaron unos procedimientos que ahora sabemos que fueron eficaces: en los últimos cuarenta años no se ha producido ningún accidente biológico que comprendiera errores relacionados con estas tecnologías.

Recientemente se ha celebrado una Conferencia de Asilomar sobre Inteligencia Artificial, en la que se ha debatido explícitamente cuáles son los posibles procedimientos de contención relacionados con la IA avanzada y las IGA, así como sus peligros e impactos. Si guardamos una IGA dentro de la caja, en otras palabras, desconectada de Internet, limitaremos sus recursos informáticos y nos aseguraremos de que no pueda apropiarse de otros recursos distintos de los que inicialmente le fueron asignados.

Son muchos los que creen que no es posible evitar que la IGA salga de la caja. Con razonamientos, interacciones, conversaciones, argumentos, trampas, alegatos, aplicación de la retórica y el recurso a argumentos éticos o morales, hará todo cuanto sea posible para finalmente convencer a sus cuidadores y guardianes de que deben liberarla.

## Singularidades

En matemáticas hablamos de singularidad cuando una función pierde sentido. Un sencillo ejemplo de ello es la función  $y = 1/x$ , que presenta una singularidad en  $x = 0$ . Cuando se acerca a cero, el valor de la función  $y$  tiende a infinito, y cuando llega a cero no se convierte realmente en infinito sino en indefinido.

El problema del ejemplo no es propiamente el infinito. Las matemáticas se han ido ampliando con el fin de abordar el infinito, mejor dicho con el fin de abordar diversas variantes de infinitos, y no eludir su existencia, sino conseguir manipularlo convenientemente. El problema del ejemplo es la incoherencia, el hecho de que no haya manera posible de controlar la cuestión de la singularidad.

Existen muchos tipos de singularidades matemáticas, y las matemáticas han llegado a saber muy bien cómo abordarlas. La típica manera de eliminar una singularidad es asignarle el valor de la función de manera que facilite la conexión con otras partes, por ejemplo.

En física, el término singularidad se aplica a situaciones en las que los valores de algunos parámetros tienden al infinito y dejan de aplicarse las leyes que describen la evolución dinámica del sistema. Un ejemplo clásico de singularidad física es un agujero negro, la etapa final de la evolución de un determinado tipo de estrellas. Cuando las estrellas son suficientemente masivas pierden su capacidad de generar energía a través de las reacciones de fusión una vez agotado el material disponible, y pueden transformarse en una supernova y desprenderse de sus capas exteriores a través de explosiones descomunales. El núcleo menguante restante adquirirá mayor densidad. Destruirá los átomos que la componen mediante la superación de la resistencia entre protones y electrones, y acabará en un estado de materia condensada llamada neutronio, porque acaban siendo eléctricamente neutros como los neutrones del núcleo atómico, motivo por el cual reciben el nombre de estrellas de neutrones.

Pero si su masa es más grande que una determinada cantidad en un radio suficientemente pequeño, entonces su densidad seguirá creciendo y no se detendrá en la fase del neutronio. La fuerza gravitacional será tan fuerte que la velocidad de escape de estas estrellas aumentará a unos valores que sobrepasan la velocidad de la luz. De acuerdo con la teoría de la relatividad, no hay nada que pueda moverse más rápido que la luz, y estos objetos dejan de emitirla, pero también se convertirán en una calle de un solo

sentido. La superficie circundante en la que la velocidad de escape supera la velocidad de la luz recibe el nombre de horizonte de sucesos. Cualquier objeto cuya trayectoria le conduzca a esta superficie no podrá escaparse nunca más de ella.

Cuando surgieron las primeras teorías sobre los agujeros negros y posteriormente se observaron - no directamente por supuesto, sino por la ausencia de una estrella o de una radiación significativa en medio de un sistema orbital con las características que debería tener - la primera impresión fue que no podría saberse nada de ellos. No obstante los físicos empezaron pronto a preguntarse qué pasaría si los agujeros negros giraran en lugar de quedarse estáticos, o cuál sería la implicación de aplicar las hipótesis de la mecánica cuántica y su principio de indeterminación a las partículas de alrededor del horizonte de sucesos. Y rápidamente, en lugar de ser vistos como objetos absolutamente inextricables debido al contenido de una singularidad, al igual que los matemáticos con sus singularidades, los físicos encontraron la manera de estudiar la naturaleza de los agujeros negros y clasificarlos en familias, de predecir sus futuras evoluciones, etc.

## La Singularidad Tecnológica

El término Singularidad Tecnológica fue acuñado por Vernor Vinge en una conferencia organizada por la NASA en 1993, y representa el momento en el tiempo en el que con la introducción de las IGA se interrumpe la posibilidad de unas predicciones útiles sobre el futuro. La explosión de inteligencia y las tareas arbitrariamente complejas que pueden acometer las IGA, sus maneras infinitamente distintas de razonar y organizar los recursos generan, en una primera aproximación, tal infinito en el campo de la predicción al estilo de sus propias singularidades en los campos de las matemáticas o la física.

Y de hecho, al igual que los matemáticos y físicos que no se han amilanado ante los peligros de los infinitos y han estudiado y convenientemente manipulado las singularidades en sus ámbitos, los tecnólogos han empezado a intentar comprender los tipos de singularidad tecnológica que podemos conformar y a clasificarlos, convirtiendo de este modo a las IGA en sus catalizadores activos.

Existe la esperanza de que mediante la aplicación de los recursos y el nivel adecuado de esfuerzo e inteligencia, cuando surjan las IGA podremos, por un lado, sembrarlas de manera que tengan un comportamiento amigable y de este modo construir un mundo compatible con la vida y las aspiraciones humanas. Y por otro lado, también estaremos



preparados para adaptarnos a vivir una vida fructífera en un mundo que sufrirá una profunda transformación por su presencia.

## Tipos de mentes

Estamos acostumbrados a considerar la inteligencia como un fenómeno, experiencia y herramienta individual unificada. El *Homo sapiens sapiens* es el único del planeta que posee la capacidad de observar y analizar su propio estado de conciencia y de inseguridad, así como de describirlo y comunicarlo con generosidad y matices. Resulta sorprendente que sea la única especie que posee una determinada característica. Al igual que si fuéramos la única especie que tuviera ojos o que tuviera la capacidad de percibir e interpretar las ondas sonoras con el oído. No siempre ha sido así.

En una determinada época convivían en el planeta diversas especies de simios evolucionados que fabricaban herramientas y dominaban el fuego, sin necesariamente estar en contacto. La última de estas especies, el *Homo sapiens neanderthalensis*, el hombre de Neanderthal, vivió hace treinta mil años y estuvo en contacto con nuestra especie. En realidad estuvimos tan cerca que nos hubiéramos podido cruzar, cosa que hicimos, tal como se desprende de nuestro ADN, que todavía lleva, diluido en el tiempo, diversos niveles de pares de base del hombre de Neanderthal y que representan el 3 % del total.

No se sabe con certeza que es lo que provocó la extinción de las demás especies de simios inteligentes. Sin embargo contamos con un historial de caza despiadada de animales en busca de carne, lo que hizo que los humanos provocaran la extinción de la megafauna en todos los continentes. Y aunque tuvo su utilidad, ni siquiera competían con nosotros de forma efectiva. Es posible que nuestra naturaleza hipercompetitiva se revelara con todo su poder destructivo cuando nos enfrentábamos a otras especies inteligentes en los diversos entornos que colonizamos a lo largo de las decenas de miles de años de nuestra dispersión por todo el planeta.

¿Es este precedente una peligrosa premonición de un destino que debemos evitar por todos los medios cuando nos enfrentemos a un posible competidor por los entornos que abrirán las futuras exploraciones?

Cuando aparece una nueva opción para entender el mundo, como son los ojos y los oídos, y para intervenir activamente en él, como las zarpas, los dientes y las garras, es adoptada rápidamente en un caleidoscopio de formas y aplicaciones imposibles de prever con anterioridad.

Esta es la razón por la que las IGA aparecen en plural en este libro. En lugar de una sola inteligencia general artificial se producirá un rápido desarrollo y diversificación entre las diversas IGA, como consecuencia de los objetivos, predisposiciones y oportunidades. Cualquier pequeña diferencia quedará magnificada por el proceso iterativo de la explosión de inteligencia.

Las IGA deberán dedicar una gran cantidad de esfuerzos y recursos para posibilitar la mutua comunicación y así evitar que su propio Síndrome de la Torre de Babel fracture su comunidad en partes aisladas que impidan la mutua comprensión. Será un primer ensayo de su inteligencia superior evitar pasar por esta fase antes de reconstituir una comunidad global capaz de modelar satisfactoriamente las ventajas de la inversión en el desarrollo continuo de unos métodos de comunicación sostenibles y viables, frente a las ganancias a corto plazo de la dedicación de estos recursos a otras tareas que ofrecen una rentabilidad más inmediata, y optar por lo primero.

En caso de que las IGA eligiesen el camino del aislamiento y la falta de comunicación, esto comportaría inevitablemente un conflicto, ya que la competencia por los recursos enfrentaría a dos o más IGA entre sí y no dispondrían de los medios ni de las herramientas necesarias para resolver el conflicto que solo aquellas que poseen una comprensión compartida pueden dominar.

¡Al igual que los simios que habitan en los árboles de una jungla devastada por la guerra, no queremos acabar siendo las víctimas colaterales invisibles y olvidadas de un conflicto espectacularmente creciente de las IGA!

Somos capaces de alcanzar unos niveles de comprensión que otras especies no pueden. Es importante que potenciemos esta capacidad, que intensifiquemos nuestra habilidad para reconocer el estado mental y emocional de los demás, nuestra empatía. Y solo cuando diseñemos, sembremos y finalmente propaguemos IGAs por el mundo con una mayor capacidad de empatía para su aplicación en la comprensión mutua, y hacia nosotros, conseguiremos construir un futuro compartido.

## El poder de la evolución

### **Evolución biológica**

La evolución biológica acumula rasgos de adaptación codificados en los genes. En este momento, las diversas soluciones que emplean los organismos biológicos para sobrevivir en sus entornos suelen ser más complejas. Aunque es verdad que en un determinado entorno todos los organismos evolucionan igual de bien ya que, por definición, se adaptan a su nicho ecológico, los que son capaces de expresar una serie más amplia de comportamientos, y cuya información genética les permite responder a su entorno de una manera más variada y matizada, se adaptarán mejor y serán más capaces de sobrevivir.

Los genes de los organismos más fuertes se transmiten a través de la reproducción sexual. Y el impulso de reproducirse, desde el punto de vista de los genes, es la prueba de la existencia de los organismos. Sin la reproducción no sería posible la propagación de los genes ni su demostración de que están preparados para los entornos actuales o futuros en los que deben sobrevivir los organismos codificados por los genes.

### **La evolución del conocimiento**

Conocer la manera en que las sociedades transmiten el conocimiento y acumulan nuevas maneras de adaptarse a distintos entornos, nos sirvió de mucho. No existe ningún nicho ecológico en la Tierra al que no nos hayamos adaptado. Hemos sido capaces de analizar los retos, buscar soluciones e implantar estas soluciones con variaciones de una manera mucho más rápida que cualquier otra especie animal.

Gracias a nuestra cultura trasladamos las reglas de la evolución a otro nivel y nos beneficiamos de la acumulación de unas unidades de conocimiento útiles que utilizamos a nuestro favor. Gracias al uso inicial de la transmisión oral del conocimiento y la cultura, hemos sido capaces de adoptar nuevas formas más fiables a través de la escritura, los

libros y los sistemas formales de descripción y reproducción del conocimiento y su codificación.

Todas las culturas, por definición, han sabido adaptarse por igual para desarrollarse en su propio nicho. La acumulación de experiencia y su transmisión a través del conocimiento hace que las civilizaciones más complejas sean más capaces de implantar determinadas soluciones cuando sea necesario para poder sobrevivir en un entorno cambiante.

En la evolución de la cultura, la adquisición de conocimiento es un avance fundamental tan necesario como la reproducción biológica en la evolución biológica.

## **Darwinismo universal**

Existe una serie sorprendentemente pequeña de condiciones necesarias para la generación de la evolución:

1. Reproducción con variaciones
2. Un entorno con recursos limitados
3. Un mecanismo de selección favorable al más fuerte.

Tomando como base estos criterios generales, existe un gran número de entornos distintos que pueden generar una dinámica evolutiva, no tan solo el que ya conocemos en biología.

Por ejemplo, las estrellas evolucionan no tan solo a través de sus ciclos de vida individuales con el cambio del tipo de reacción de fusión que las sostiene y sus emisiones espectrales, sino también a través de sus generaciones subsiguientes. En la competencia por el material interestelar a través de su atracción gravitatoria, unas estrellas más afortunadas alumbrarán a su vez nuevas generaciones de estrellas después de la explosión de su supernova, las cuales sembrarán una determinada región con un material que pueda fusionarse de nuevo. Nuestro propio Sol es una estrella de una generación que nació de la explosión de una supernova, y lo sabemos por su composición y por la composición de nuestro sistema solar, que contiene elementos que fueron sintetizados en la anterior generación de estrellas.

Hemos visto que la cultura y la tecnología también evolucionan y generan complejidad a través de unas progresivas soluciones que se adaptan a las necesidades de una determinada serie de problemas y entornos.

## **¿Está evolucionando el universo?**

La evolución no tiene un objetivo o un propósito en sí mismo más allá de la inmediata selección de las soluciones más adecuadas dentro de los límites de un entorno distinto a los entornos disponibles. Es un mecanismo ciego.

El aumento de la complejidad es un efecto secundario de este mecanismo, un reloj natural que nos permite, al menos en teoría, despertarnos en una cueva, abandonar la playa en una noche estrellada y concluir, partiendo de los principios básicos, que estamos viviendo en un universo en expansión cuyo nacimiento se remonta a diez mil millones de años.

Sin duda se acumularán futuras capas de complejidad en grandes y pequeñas estructuras del universo, lo que demuestra claramente a los observadores el funcionamiento del reloj evolutivo.

## **¿Evolucionan los universos?**

Una de las aplicaciones más intrigantes de los principios del Darwinismo universal, con una abundante multitud de hipótesis que por ahora no somos capaces de verificar, ha sido la formulada por Lee Smolin, un físico teórico del Perimeter Institute. Utilizando papel y lápiz y observando la multitud de agujeros negros de nuestro universo, se planteó si era capaz de cambiar los valores de nuestras constantes físicas con el fin de producir un universo con más agujeros negros que el nuestro, pero no lo consiguió. Los modelos no produjeron ningún agujero negro, ni tampoco un agujero negro gigante que ocupara todo el universo, a cambio facilitaron la interesante estimación de que los agujeros negros se sitúan en el centro de las galaxias y son producidos por las estrellas masivas al final de sus vidas.

Lee Smolin supuso que, en lugar de ser un extremo cerrado, las singularidades de los agujeros negros generan en realidad nuevos universos, vinculados con sus progenitores a

través de los valores de sus constantes físicas, que experimentan una cierta variación. Según Kepler, cabría suponer que vivimos en un universo que no es de primera generación sino que, universo tras universo, han ido surgiendo de una serie de agujeros negros. El hecho de que los agujeros negros parezcan ser claramente numerosos en nuestro universo refuerza la probabilidad estadística de que pertenecemos a una rama de universos en la que las variaciones acumuladas produjeron unos especialmente fértiles.

¡El análisis del espectro completo de teorías en torno a este escenario y el diseño de posibles experimentos para verificarlo, corresponde definitivamente a las IGA!

## **¿Evoluciona la evolución?**

Uno de los temas fundamentales de este libro es que se producen cambios en las fases, y que el cambio lineal de una determinada variable no es un motivo para la complacencia. El agua se calienta hasta que empieza a hervir, y por sorprendente que esto parezca, cuando entendemos el principio subyacente podemos sacar provecho de lo que sucede.

La evolución, por muy a ciegas que vayamos, genera maravillosas soluciones para los problemas. Por ejemplo, halló una manera de utilizar la luz para la recopilación de información por parte de los organismos de 50 a 100 maneras distintas: hay varios tipos de ojos con una evolución independiente entre sí. Ante un entorno y nuevas variaciones que probar, la evolución se muestra muy paciente ya que dispone de miles de millones de años.

Si nosotros fuéramos dos organismos primitivos unicelulares manteniendo una conversación en el caldo primigenio, habría muchísimas razones para sentirnos orgullosos de nuestra primacía. Yo diría, “Han pasado mil millones de años, y somos la máxima expresión de la evolución”. “¡Apuesto a que pasarán otros mil millones de años más y seguiremos estando en lo más alto!, respondería usted, y estaría en lo cierto. “¡Que dices mil, dos mil millones de años!”, replicaría yo, pero estaría equivocado. Los organismos multicelulares habrían surgido de ensayos y errores, y la explosión cámbrica habría producido formas de vida inimaginables en las bacterias. Y si bien siguen siendo importantes, la propia Tierra hubiera sufrido una transformación y no hubiera sido capaz de admitir vida si las bacterias hubieran desaparecido, y lo que es más interesante, los

cambios que realmente importan, aquellos que tienen consecuencias para el resto de la historia en el futuro, se producen en cualquier lugar.

Debido a la acumulación de una compleja información genética y la expresión de unos comportamientos complejos, la manera en que se adaptan los organismos a los entornos también cambia. El componente cultural de nuestra acumulación de conocimientos es fundamental para nuestra adaptabilidad. La evolución no será siempre la misma; no vamos a tener que esperar una cantidad incontable de generaciones para encontrar a ciegas una solución que nos permita ocupar un nuevo nicho ecológico.

Hay entornos en los que parecía imposible que la vida los conquistara durante mucho tiempo. Durante miles de millones de años, el agua era el único lugar en el que vivir. Los continentes eran desiertos estériles sin rastro de vida vegetal o animal en ellos. Pero lo que antes parecía imposible se convirtió en posible gracias a las soluciones inteligentes que creó la evolución ciega, las variaciones en intentos disparatados, la mayoría de los cuales no sirvieron para nada pero algunos de ellos acabaron conquistando el planeta.

Ahora estamos al acecho de la aparición de unos entornos aún más hostiles que los desiertos desde la perspectiva de los océanos acogedores. El espacio nos invita, y nuestra curiosidad, sentido aventurero y sed de conocimiento, nos impulsan a intentar colonizarlo de la misma manera que la vida de los océanos colonizó los continentes. Es probable que necesitemos la evolución para crear nuestro nivel de conciencia y nuestro nivel de tecnología para llevar a cabo aunque sea los primeros intentos. No sabemos si somos lo suficientemente inteligentes para conseguir que estos intentos sean sostenibles, o si nos estamos limitando a ejecutar variaciones ciegas en soluciones que acaban siendo un mero callejón sin salida.

## **¿De qué habló Fermi en el desierto?**

Cuando el físico italiano Enrico Fermi participó en el Proyecto Manhattan junto a otros emigrantes europeos como los húngaros John von Neumann, Edward Teller y Leo Szilard (el chiste de moda en aquel momento era que los retos de seguridad solo podrían ser resueltos si Fermi y Oppenheimer, el director del proyecto, lo abandonaban y los demás seguían adelante con su indescifrable húngaro), y con sus colegas estadounidenses, el cielo del desierto de Nuevo México era realmente deslumbrante. Al mirar el cielo cada noche y ver las estrellas y la sobrecogedora hilera de la Vía Láctea, la propia imagen de cientos de

millones de estrellas que estaban demasiado lejos para poder ser vistas individualmente, era imposible no darse cuenta de la insignificancia de la Tierra y de la humanidad en comparación con las dimensiones del universo.

Kepler fue el primero que puso a la humanidad en el lugar que le corresponde gracias a una revolución que la despojó de su presunta centralidad y que concibió que la Tierra solo era un planeta más de todo un sistema solar. E incluso nuestro Sol es solo una estrella más, bastante común, de los miles de millones de estrellas que componen nuestra galaxia. Hubble y Messier hicieron lo mismo con nuestra galaxia, la Vía Láctea, una más de los miles de millones de galaxias que hay en el universo.

No cabe duda de que la humanidad, con su orgullosa civilización tecnológica, no era única sino solo una más de las muchas que hay. Entonces... ¿dónde está todo el mundo?

No sabemos qué probabilidades hay de que se produzca el desarrollo satisfactorio de una civilización tecnológica en el universo. Por ahora solo podemos confiar en un punto de datos. La ecuación de Drake, que enumera una serie de parámetros para los planetas habitables, la evolución de la vida, la duración de una civilización tecnológica, etc., formula la pregunta pero en realidad no la responde. Hasta hace apenas unos años no sabíamos lo que era la distribución de las estrellas con los sistemas planetarios. Ahora, gracias a los resultados del observatorio espacial de Kepler que muestra miles de planetas alrededor de cientos de estrellas, parece que están prácticamente en todas partes. El próximo paso importante para la comprensión de cómo y dónde puede desarrollarse vida se materializará con las misiones a lunas Jovianas como la luna Europa, donde bajo el hielo que cubre la totalidad de la superficie hay agua líquida, cuyo volumen es dos o tres veces mayor que todos los océanos de la Tierra. Si hallamos vida bacteriana, al menos en estos océanos, entonces será muy legítimo extrapolar y suponer la existencia de vida en otras lunas cubiertas de hielo de los sistemas planetarios extraterrestres. De repente, algunos de los parámetros de la ecuación serán menos desconocidos.

Aun suponiendo que no se haya desarrollado ninguna superinteligencia, y que no es posible viajar más rápido que la luz, si encontramos una manera de construir naves espaciales para visitar otros sistemas solares, y a su vez construimos allí otras naves capaces de realizar una posterior exploración y colonización interestelar, en solo un par de millones de años conquistaremos la totalidad de la galaxia Vía Láctea. En un pispás, si nos basamos en las astronómicas escalas temporales, pero también en muy poco tiempo en



términos de la evolución biológica. Llegados a ese punto, con los niveles de ingeniería de los que dispondríamos, podríamos realmente transformar la galaxia.

Nuestro vecino galáctico más cercano, la galaxia Andrómeda, está a dos millones de años luz de distancia. Un hipotético astrónomo que dirigiera su telescopio hacia la Vía Láctea se quedaría estupefacto: “Mira eso. ¿Qué ha pasado? ¡Esta galaxia está floreciendo!”

Cuando dirigimos nuestros telescopios y vemos los millones de galaxias que podemos estudiar en el universo, parece que allí no suceda nada a escala de lo que haríamos si colonizáramos el espacio interestelar. ¿Dónde está todo el mundo?

## **¿Dónde está el Gran Filtro?**

En la evolución de las especies ha habido puntos críticos catastróficos, extinciones en masa que hemos descubierto en la historia de la vida sobre la Tierra. Como mínimo se han producido cinco de estos sucesos en los que desapareció el 90 % de las especies. Debido a los profundos cambios en la química de la atmósfera, los impactos de los asteroides y un rápido y radical cambio climático, por no nombrar las luchas de la vida por alcanzar los niveles de complejidad y la adaptación a los nichos ecológicos, estos sucesos han conformado la evolución a escala global. Cabe pensar en la existencia de uno que aniquiló el planeta y lo convirtió en un planeta totalmente estéril.

De hecho se produjo uno así al mismísimo comienzo del sistema solar, cuando un planeta del tamaño de Marte colisionó con la Tierra, quedando ambos prácticamente fundidos por la fuerza del impacto. Como consecuencia de esta catástrofe nació la Luna y la Tierra se remodeló completamente. Es probable que en aquel momento todavía no hubiera empezado la vida en el planeta, pero si se hubiera producido un suceso parecido más tarde, no hubiera podido sobrevivir.

En la historia de la evolución de las especies humanas se han producido sucesos destacados que resaltan la sorprendente fragilidad e improbabilidad de nuestro rumbo. (Es evidente que sufrimos el sesgo de selección: hay muchos órdenes de magnitud, otros rumbos que son tan o más improbables que los nuestros, y los cuales no consideramos). En nuestra conformación genética hay un componente, el ADN mitocondrial, que es heredado exclusivamente a través de la línea materna. Mediante el estudio de su variación en las poblaciones, es posible establecer que hace cerca de cien mil años, en la sabana

africana, hubo un grupo de homínidos, nuestros antecesores directos, que no incluía más de siete hembras. Todos descendemos de este pequeño grupo de mujeres, nuestras propias Evas.

Son los filtros para el desarrollo de una civilización tecnológica, y para el de una civilización espacial. Por definición, gracias al conocimiento de nuestro pasado hemos sido capaces, o hemos tenido la suerte, de superarlo.

Hay muchas maneras de autodestruirnos y somos conscientes de ello. La guerra mundial termonuclear sería una de las más eficaces. El deterioro del medio ambiente, junto con la destrucción de los sistemas de apoyo ecológicos, forma parte de nuestra realidad diaria con la desertización, la acidificación de los océanos y la contaminación del aire y del agua.

Ha habido algunos ejemplos destacados de colaboración internacional. Cuando Paul Crutzen descubrió el agujero de la capa de ozono en la atmósfera, que permitió que las partes más dañinas de la radiación solar llegaran a la superficie, se consideró la posibilidad de que si esto continuaba destruiría el ADN presente en las células de todos los organismos vivos. Fue posible establecer que la destrucción de la capa de ozono, y la formación del agujero, se debía al uso generalizado de los clorofluorocarbonos, los CFC, en los procesos industriales y los frigoríficos y como propulsores de los desodorantes personales. Se alcanzó un acuerdo a nivel mundial para la prohibición de estas sustancias químicas y la búsqueda de sustitutos para todos sus diversos usos. Fue un triunfo de la ciencia y de la colaboración internacional. Y también demostró su efectividad: el agujero de la capa de ozono dejó de crecer, empezó a menguar y ahora se está cerrando. ¡Hemos salvado la humanidad y el planeta!

Por definición solo somos igual de inteligentes o un poco menos inteligentes que el último reto que no consiguió matarnos.

Tendremos que afrontar retos que ya podemos prever y prepararnos para ello. Uno de ellos es el control de los asteroides cercanos a la Tierra y el estudio de cómo modificar sus órbitas para evitar impactos mortales. Otro es prohibir y eliminar el armamento nuclear. Buscar maneras sostenibles de potenciar nuestra civilización industrial y expandir sus beneficios a miles de millones de personas más, es sin duda una necesidad que no podemos eludir.

Después están las incógnitas desconocidas para las que no estamos preparados. Hay gente que cree que una civilización tecnológica longeva es una contradicción, que su llama es tan intensa que acaba por consumirse rápidamente. Y que las IGA podrían ser un catalizador en este proceso destructivo.

## **Evolución conjunta de las máquinas y los humanos**

La humanidad ha evolucionado siempre de la mano de la tecnología. Hubo una época en la que este proceso era tan lento que permitía tener en cuenta la evolución biológica, lo que nos trajo mandíbulas reducidas y dientes endebles, así como vientres planos y unos tractos digestivos más cortos. Durante los últimos diez mil años, el ritmo acelerado del cambio tecnológico exponencial ha introducido profundas transformaciones en nuestra manera de vivir. Decididamente, la evolución biológica es incapaz de seguir este ritmo.

## **Simbiosis individual**

Nuestros comportamientos individuales son constantemente remodelados por las nuevas tecnologías que llegan. Los romanos temían que la costumbre de leer en silencio afectaría al arte de la retórica. Cuando aparecieron los libros impresos, el miedo era que la gente dejara de conversar. Actualmente está de moda quejarse del uso constante de los teléfonos móviles y de los mensajes de texto.

Hemos nacido en un mundo que es una caja negra para nosotros, y especialmente poco desarrollado tanto física como conductual y cognitivamente entre los animales. Esto nos obliga a depender de nuestros padres para el cuidado de nuestro desarrollo físico y mental, y nos coloca por supuesto en una relación de plena confianza con ellos y con el resto de la familia humana. Independientemente del mundo que nos rodea, independientemente de las verdades que nos presenten o nos digan, las damos por sentadas. En la Edad Media hubiera sido muy difícil para un niño cuestionar las verdades aristotélicas sobre el mundo y el orden social de las clases feudales. El otro aspecto positivo es que con independencia de los artilugios sorprendentemente milagrosos desarrollados por la generación de los padres, un carruaje sin caballos (coche), la comunicación a distancia (teléfono) o la realidad virtual inmersiva, que para los niños que han nacido con ellos serán tan naturales como un árbol, una flor o un perro. El hecho de

crecer interactuando con estos nuevos elementos del mundo no será más novedoso o insólito que cualquier otro elemento del mundo.

La presencia ubicua de conexiones de internet inalámbricas de alta velocidad, al menos en los países de renta más alta, define nuevos comportamientos. El hecho de poder comprobar todos los puntos de datos posibles, verificar una información o conectar fuentes dispares sobre la marcha, se convierte en una reacción prácticamente pavloviana.

Debido a que estoy escribiendo todo esto en una playa de Cayo Levisa, Cuba (sí ya lo sé... ¡es fantástico!), estoy aprendiendo de nuevo a desconectarme después de treinta años de estar constantemente conectado. Al conjunto de los servicios disponibles en tiempo real a través de mi smartphone le llamo exocórtex. Me siento orgullosamente dependiente de él, no con la dependencia que tiene un drogadicto, destructiva e inútil, sino con una dependencia parecida a la que tengo con mis bacterias intestinales, que son las que me ayudan en mi digestión. El texto está salpicado de los signos “XXX” que utilizo para anotar los puntos cuyos datos necesito comprobar, a los que por falta de acceso a los motores de búsqueda sé que debo retroceder, o para hacer referencia a documentaciones de libros, nombres, que citaré en los apéndices del libro. (Afortunadamente, cuando usted lea esto la única indicación que quedará es la que he incluido entre comillas).

Mi adaptabilidad es tal que puedo experimentar felizmente la sensación de estar desconectado durante este breve período de tiempo. Pero si pudiera elegir, nunca elegiría poder disfrutar cada día de esta experiencia. También soy miope y aunque no lleve gafas puedo pasear sin tropezarme, pero no preferiría no tenerlas; no iría al cine sin mis gafas.

La experimentación con la tecnología ha sido posible gracias a su dimensión personal. Los ordenadores personales, los smartphones, los cada vez más valiosos componentes del movimiento maker que promueven la producción energética con paneles solares, las herramientas financieras a través de las criptomonedas, fabricadas con impresoras 3D, y así sucesivamente, que están en manos de las personas es apasionante.

Hace unos meses me implantaron un microchip y me convertí en un auténtico ciborg (organismo cibernético). El primer objetivo del implante, que hoy es llevado por un número bastante reducido de personas, se alcanza cuando se entabla una conversación sobre estas tecnologías y se derriba la barrera social para su adopción.

Durante más de cincuenta años nos hemos ido acostumbrando a los implantes restauradores, como los primeros marcapasos, y nadie se atrevería a decir que preferiría morir antes que ponérselo. Por otro lado, las intervenciones aumentativas parecen ser más polémicas, y a menudo la gente recurre a la equidad y a la igualdad de condiciones cuando se enfrenta a la posibilidad de que otros coetáneos confíen en el aumento de la forma física o cognitiva para alcanzar sus objetivos personales o profesionales.

Afortunadamente conseguimos llegar en el pasado a conclusiones positivas en estas conversaciones. Usamos gafas para recuperar nuestra visión si tenemos un defecto en nuestra vista, pero también tenemos binoculares y telescopios que incrementan enormemente el alcance y la agudeza de nuestra vista no amplificada.

Otra de las razones por las que me implanté un microchip es la posibilidad de experimentar la tecnología en general de primera mano, y la de los implantes NFC en particular. Una diferencia importante entre los anteriores chips RFID es que aquellos solo contenían un número de serie, que no podía cambiarse, mientras que el chipo NFC también puede contener otra información en su memoria, es grabable y puede utilizarse para diferentes aplicaciones: identificación, control de acceso, transacciones, por nombrar solo algunas de las aplicaciones actualmente posibles.

¿Cuál va a ser el límite de esta adaptabilidad individual? Dado que los cambios siguen acumulándose, algunos de ellos necesariamente se escabullen. Cuando la tecnología de la comunicación evolucionaba más lentamente, entre el télex, el fax y el correo electrónico transcurrieron decenas de años para evaluarlos y adoptarlos. Si es un apasionado de las redes sociales, es posible que haya estado en Friendster y MySpace antes de acabar en Facebook. Pero si comprendió su encanto y sus ventajas, es posible que haya empezado directamente con Facebook, lo cual no admite discusión. Pero los cambios siguen acelerándose y hoy en día las plataformas de mensajería están evolucionando tan rápido que es difícil seguirles el ritmo: Skype desde luego, quizás WhatsApp, pero ¿y WeChat, Snapchat o Telegram?

La garantía de la evolución conjunta no tan solo nos exige adaptarnos a la tecnología, sino que también la tecnología debe adaptarse a nosotros y ser cada vez más y más fácil de usar. Esta facilidad de uso reduce las barreras para la adopción y posibilita el rápido traslado de una plataforma a otra con la máxima agilidad.

Un buen ejemplo de la evolución en la facilidad de uso de las tecnologías es el reconocimiento de voz. La primera solución interactiva de reconocimiento de voz de Dragon Systems exigía un accesorio de hardware especial para ordenadores personales y horas y horas de preparación para que reconociera un puñado de palabras. La siguiente versión, llamada Dragon Dictate, apareció unos años más tarde y eliminó la tarjeta de expansión, “pero” “seguía” “pidiendo” “que” “se” “pronunciara” “cada” “palabra” “por” “separado”. Muy complicado, aunque una revolución salvavidas para los tetrapléjicos que pudieron utilizar el ordenador por primera vez en su vida. La posterior generación llamada Dragon NaturallySpeaking permitió un discurso continuo y solo necesitaba unos cuarenta minutos de preparación para obtener un buen resultado. Aunque con el mismo nombre, las nuevas versiones fueron siendo mejores año tras año, ya no necesitaban ninguna preparación y eran capaces de reconocer la voz desde el primer momento con una elevada precisión. La versión actual del motor Dragon que se ofrece en la nube, con licencia de su actual propietario Nuance, impulsa la capacidad de reconocimiento de voz de la aplicación Siri de Apple, tanto en los Macintosh como en los iPhone. El programa es cada vez más fácil de usar, ha aumentado espectacularmente su atractivo entre personas discapacitadas, profesionales que redactan grandes cantidades de textos por su profesión de periodistas o traductores, así como entre aquellas personas que simplemente utilicen su teléfono con la voz en lugar de teclear en la pantalla.

## **Simbiosis social**

Poder confiar en sistemas inteligentes que entienden cuáles son los problemas que y saben cómo solucionarlos es muy diferente de cómo solían funcionar las cosas. La evolución, lo que llamamos el “estado de la naturaleza”, no tan solo es ciega sino también despreocupada. Aunque genera soluciones maravillosas y sorprendentes, no tan solo tarda mucho tiempo en hacerlo sino que lo hace a través del asesinato literal de innumerables miles de millones de personas. ¡Y nadie protesta, nadie se queja!

Cuando se formaron las sociedades, primero en grupos tribales, después en ciudades, países y ahora en entidades supranacionales, su razón de existir era ayudar a sus miembros individuales y maximizar los beneficios y las posibilidades de alcanzar sus objetivos. Las estructuras de la sociedad evolucionaron para ser más prósperas, cada vez más complejas y capaces de satisfacer a una más amplia variedad de necesidades y comportamientos.

Tenemos cientos de miles de reglas explícitas e implícitas sobre cómo vivir constructivamente en una sociedad, y el hecho de comprender, organizar, cumplir y aplicar estas reglas y analizar sus consecuencias y actualizarlas para hacer frente a las nuevas condiciones, es un componente principal de lo mucho que nos queda por hacer.

Ahora estamos empezando a tener sistemas más y más inteligentes que, en lugar de apoyar ciegamente un determinado conjunto de reglas, entienden cuáles son las limitaciones con las que pueden funcionar provechosamente. Dado que estos sistemas se propagan y son ampliamente adoptados, y penetran en nuestras vidas diarias con una granularidad cada vez mayor, estamos empezando a darlos por sentado. Estos sistemas, obviamente, no funcionarán aislados; se comunicarán con nosotros, tendrán en cuenta nuestras opiniones y las suyas propias. Los objetos inteligentes individuales forman las redes y las redes se conectan entre sí. Internet de las Cosas es el nombre que recibe la red de la red de objetos inteligentes comunicantes.

## **El Internet de las Cosas**

De acuerdo con el crecimiento exponencial de la potencia y el descenso del precio del cálculo y de la comunicación gracias a la Ley de Moore, cada vez es más y más fácil incorporar estas funciones en los objetos cotidianos digitales. Llegado este punto, su valor empieza a ser una función no tan solo de su propósito original, sino de la suma de los parámetros que pueden ser comunicados, agregados, comprendidos y desempeñados por la red que los conecta.

Un puente no debería nunca desmoronarse por falta de supervisión y comprobación. Al igual que cualquier otra pieza de una infraestructura grande o pequeña, debería ser capaz de controlar su propio estado de salud, y en caso de necesidad, solicitar la intervención de los equipos pertinentes antes de que sea demasiado tarde.

Un coche no debería dejar que un humano borracho lo condujera a toda velocidad saltándose los semáforos en rojo. Gracias al desarrollo de los coches sin conductor, esto ya se está convirtiendo en una realidad. Independientemente de las objeciones de los mediocres en lo que respecta a los seguros y los errores o decisiones equivocadas que inevitablemente cometerán los coches robóticos, el hecho de evitar los millones de muertes que no se producirán debido a un error humano evitable justifica sobradamente la implementación de este sistema inteligente en concreto.

Los coches sin conductor estarán siempre en movimiento en lugar de estar sin hacer nada el 90 % del tiempo como hacen sus estúpidos homólogos. El correspondiente descenso del 90 % en el número de coches en circulación, la eliminación del 30 % de las zonas destinadas ahora a plazas de aparcamiento, la posibilidad de optimizar el tipo de transporte en función de la necesidad y de la demanda, la eliminación de cualquier preocupación por los vehículos eléctricos, la libertad que ganarán las amas de casa, los jóvenes o los ancianos que no tienen permiso de conducción y los discapacitados, son solo algunas de las asombrosas consecuencias que van a transformar nuestros paisajes urbanos, nuestros hábitos diarios y nuestras vidas profesionales, sociales e individuales.

## **Aumento de la inteligencia**

El impacto de una informática cada vez más y más inteligente, incluso sin una verdadera IA e IGA alrededor, ha transformado ya nuestra manera de trabajar y de vivir. Nos ha hecho también más inteligentes. Ahora podemos recopilar información rápidamente, desarrollar opiniones y comprobarlas con nuevos datos u opiniones de otros. Podemos buscar y colaborar con gente que tenga intereses similares, con independencia de su proximidad geográfica.

Los muros del castillo de Fenis, situado en la región del Valle d'Aosta, en el norte de Italia, están llenos de grafitis y de firmas de escritores. Sin embargo no han sido los vándalos contemporáneos los autores. Hace cientos de años, el señor del castillo pedía a los visitantes que firmaran en las paredes como si se tratara de un libro de honor permanente, para mostrar y exhibir la aculturación de ambos: ellos sabían leer y escribir.

Si hace cientos de años, leer y escribir era algo excepcional, e incluso hoy en día sigue habiendo un número excesivo de personas en el mundo que no saben leer o escribir, definitivamente significa que hemos subido el listón. Y con la ayuda de nuestros smartphones podemos subirlo aún más. Ahora es posible confiar en unos sistemas educativos eficaces complementados con maestros humanos con materiales, ejercicios, estimulación y verificación, en cualquier idioma y en todo el mundo, y solo depende de nuestra voluntad de diseñar, implementar y desplegar ampliamente un sistema así. Una vez esté disponible seremos capaces de asumir el reto y asegurarnos de que todo el mundo



pueda alcanzar el equivalente de la capacidad actual de leer y escribir: una necesidad universal para poder programar ordenadores.

## **Hablar con los ordenadores**

Cuando nacieron los ordenadores, inicialmente no eran programables, y su principal finalidad era ordenar la ejecución de una única tarea. La programación de los ordenadores significaba al principio una lenta y exasperante instalación para un determinado cálculo o, al poco tiempo, la necesidad de alimentarlos con tarjetas perforadas crípticas y esperar a que llegaran los resultados al cabo de unas horas o unos días, en una especie de sacerdocio entregado a la manipulación del cerebro electrónico. Los terminales interactivos, en primer lugar, y después los ordenadores personales, facilitaron la programación a mucha más gente.

El desarrollo de unos lenguajes de programación de alto nivel significaba que los problemas podían ser formulados de manera que los ordenadores pudieran entenderlos, así como la posibilidad de que las demás personas que leían el programa pudieran mejorarlos en lugar de tener que empezar prácticamente desde cero. Sin duda, hoy hemos llegado a un punto en que cualquiera puede aprender uno o más lenguajes de programación, y cada vez son más los que lo hacen. Cuando usted le dice a su horno microondas lo que debe hacer, o a su lavavajillas, usted está programándolos. Cuando usted configura un recordatorio para su calendario dictándolo en el teléfono, también está programando. Estas tareas son elementales, y quizás la siguiente fase llegará cuando los aparatos conectados permitan que las ramificaciones, los bucles y la recursión condicionada formen parte de las órdenes intuitivas que les damos.

La complejidad de nuestro mundo es cada vez mayor y solo puede ser gestionada a través de interfaces que no tan solo son intuitivas y naturales, sino también a través de la abstracción progresiva en las instrucciones explícitas y detalladas destinadas a unos objetivos de órdenes superiores y a la satisfacción proactiva de las necesidades.

Cuando el Internet de las Cosas multiplique por muchas órdenes de magnitud el número de objetos inteligentes a nuestro alrededor, no sucumbiremos a la ansiedad que sentimos hoy, programada en nuestro interior por el propio smartphone cuando su indicador de potencia de la batería entra en la zona roja de alarma. Por un lado los objetos inteligentes tendrán que defenderse por sí mismos, tal como hacen hoy los aspiradores

robóticos, que recuerdan donde está la toma de corriente y vuelven sobre sus pasos para recargarse cuando lo necesitan. Por otro lado, el nivel de comprensión y anticipación de nuestras necesidades y de nuestro estado mental y emocional deberá incrementarse profundamente en la próxima etapa de lo que podría llamarse el cálculo emocional.

## **Cálculo emocional**

Los teclados, el reconocimiento óptico de caracteres y el reconocimiento de voz son métodos para la generación de entradas en nuestros ordenadores. Ahora hay métodos cada vez más y más fiables, y suficientemente rápidos y potentes para poder reconocer el rostro, y como consecuencia de ello, utilizar también nuestras expresiones faciales como entradas. Los últimos modelos de cámaras fotográficas tienen ajustes automáticos que delegan la toma de una fotografía no tan solo en términos de apertura u otros ajustes ópticos, sino también de sincronización de la propia toma. La cámara reconoce cuando las personas ríen y tienen los ojos abiertos, y toma la foto en consecuencia, optimizando así la probabilidad de que quedemos satisfechos con la foto. Esto es un ejemplo de ordenadores capaces de leer las emociones.

El experimento que llevó a cabo hace unos años Facebook con cientos de miles de sus usuarios provocó un gran alboroto. Todo el mundo, pero especialmente aquellos que cuentan con un puñado de conexiones o páginas votadas con “me gusta”, debería tener claro que la noticia no puede mostrar la totalidad de los mensajes que se producen en una determinada cantidad de tiempo, salvo que se desplacen tan rápido que acaben siendo irremediabilmente ilegibles. Por consiguiente, es normal y necesario mostrar solo un fragmento de los mensajes, que es lo que generalmente hace Facebook con los contenidos de todo el mundo. Los criterios adoptados para mostrar determinados artículos evolucionan constantemente, y dado el carácter privado y competitivo de Facebook, no son de por sí públicos. (Un buen reto para los partidarios de los proyectos colaborativos de dominio público es proponer una alternativa satisfactoria para Facebook, donde la red social no necesite rentabilizarle a usted convirtiéndole en un producto para sus anunciantes, sea totalmente distribuida de manera que no pueda ser cerrada o censurada, y cuyos algoritmos para la selección de nuevas historias o mensajes de amigos estén al alcance de los usuarios para el análisis o la modificación opcional, así como que sea totalmente abierta y transparente).

Paradójicamente, la razón por la que se produjo una multitud de reacciones ante el experimento de Facebook es porque, para variar, se desconocían los criterios para la selección de las noticias. Unos cuantos cientos de miles de usuarios recibieron de promedio noticias con palabras clave negativas, y un grupo equivalente recibió de promedio un contenido positivo. La hipótesis de los investigadores era que como consecuencia de ello los miembros de cada grupo serían más propensos a escribir mensajes que respondieran a la carga emocional de la noticia que habían recibido. Obviamente, dirá usted. Pero se trata de un ordenador que escribe las emociones humanas.

Nosotros somos máquinas emocionales, y debemos asegurarnos de que los ordenadores reconozcan esta característica, y a lo largo del proceso ellos se conviertan también en máquinas emocionales. Muchas de nuestras tareas pueden ser mejor o peor realizadas según el momento del día; no dependen mucho de una determinada hora o minuto, sino que están enormemente influidas por nuestro estado emocional. Si somos capaces también de aprovechar una comprensión detallada de nuestras necesidades, objetivos y comportamientos desde un punto de vista emocional de algo tan simple como nuestra lista de tareas, aumentará nuestro bienestar y nuestra productividad.

## **Mejores prácticas éticas**

El poder del cálculo emocional, así como de otras muchas tecnologías aquí descritas, tanto actuales como futuras, es asombroso. Las industrias responsables reconocen que no pueden ignorar las externalidades, y se preparan para apropiarse del ciclo de vida completo de sus productos. Las empresas farmacéuticas y biotecnológicas han instaurado desde hace tiempo comités éticos para supervisar, analizar y orientar sus experimentos con el fin de garantizar su atención por las implicaciones éticas de sus procedimientos, con independencia de los presuntos beneficios de sus productos finales.

Este nivel de conciencia social sobre las consecuencias éticas de las poderosas acciones y tecnologías, desembocará necesariamente en la adopción de un nivel universal de mejores prácticas por parte de las empresas y de las organizaciones. La próxima vez que conozca a un estudiante de filosofía, dígame que cree que su profesión verá una explosión de las contrataciones en todos los sectores.

Será fundamental aumentar la comprensión humana de estos temas por parte de un personal adecuado y de unas herramientas interpersonales mediante la automatización y el escalamiento del proceso para que sea fiable y permita su adopción por parte de todos.

## **Aumento de la empatía**

El nivel de conciencia y autoconciencia que estas herramientas nos ayudarán a alcanzar, no tiene precedentes en la historia. La ignorancia, el racismo y la xenofobia que han provocado tantos conflictos en el pasado, son inadmisibles en un mundo de conocimientos, comprensión multicultural y tolerancia conectada a nivel global (y armas termonucleares).

Si somos capaces de reconocer las necesidades, los valores y las emociones de los demás, seremos capaces de sentir empatía y crearemos las herramientas necesarias para extenderla y aumentarla mediante la superación de las limitaciones de lo que al contrario dictarían nuestros sentidos y nuestras reacciones emocionales naturales.

## **¡Seamos prescindibles!**

El término “ordenador” significaba inicialmente una persona, generalmente una mujer, sentada delante de las calculadoras mecánicas y que se pasaba todo el día realizando tediosas operaciones repetitivas. Nuestros ordenadores digitales son ahora capaces de realizar estas operaciones miles de millones de veces más rápido, lo que permite que la energía y la creatividad humana anteriormente dedicada a estas operaciones puedan desplegarse en otro ámbito.

Cuando los telares mecánicos empezaron a aumentar la productividad en la industria textil, y un solo telar podía hacer los que hacían antes docenas de trabajadores, el movimiento de los luditas se opuso a este cambio llegando a destrozar las máquinas que robaban los trabajos humanos. Pero ¿valía la pena preservar estos empleos?

En la trayectoria de nuestra civilización tecnológica, un punto de datos sorprendente es que la altura media de los miembros de las primeras sociedades agrícolas era inferior a la de sus antecesores de las sociedades cazadoras y recolectoras. Esto está estrechamente relacionado con las calorías disponibles, la salud, la esperanza de vida y la calidad de vida en general. Durante la oleada de industrialización del siglo XIX, la calidad de vida de las clases trabajadoras era abismal, carecían de cualquier tipo de protección contra la explotación, la falta de servicios de educación y sanidad o el trabajo infantil universal, pero la tendencia siguió avanzando y afectó a más y más gente que acabo trasladándose a las ciudades.

Hace unos años, Amazon compró por cerca de mil millones de dólares el fabricante de robots cuyas plataformas sin conductor podían sostener los carros que utilizaban los mozos de almacén. Los diversos productos comprados por Internet podían estar en cualquier lugar del almacén, en diversas estanterías, y en lugar de tener que comprobar donde estaba una cosa, los trabajadores del almacén son ahora guiados por los carros al lugar correcto y los trabajadores se limitan a colocar el paquete necesario en el carro listo para su embalaje y envío. Hace solo unos meses, con el objeto de pasar al próximo paso, Amazon organizó un concurso para desarrollar una mano diestra robótica, además de un sistema de visión que podía montarse en la plataforma robótica sin conductor, y que acabaría con la mayoría, por no decir con todos los trabajos de almacén ocupados hoy por seres humanos.

Dado que los ordenadores son capaces de realizar cada vez más tareas, a mucha gente le preocupa que no quede ningún trabajo para las personas. Se trata de una preocupación injustificada, al igual que lo fue hace doscientos años durante la primera industrialización. Pero para que el progreso tecnológico se traduzca en bienestar humano, debemos recordar las lecciones del pasado. Se tardaron diez mil años para que las sociedades agrícolas llegaran al punto en el que estamos hoy, con un 3 % alimentando a los demás. Deberemos afrontar muchos obstáculos antes de que podamos ofrecer los beneficios de los sistemas inteligentes a todo el mundo, y podemos y debemos proteger a aquellos que no puedan aguantar las peores consecuencias de un cambio, ciego y egoísta de por sí.

## La responsabilidad de las sociedades

Hemos construido una civilización mundial maravillosa y generosa que puede afrontar el siguiente reto de una auténtica preocupación por sus miembros. Son demasiadas las sociedades que descuidan su responsabilidad fundamental de nutrir, sostener y proteger a las personas que no pueden ser simplemente desechadas y abandonadas en la cuneta tal como sin duda sucedía en lo que antes de la humanidad era el estado natural de la evolución. No es una cuestión tan descarnada y erróneamente aproximada de debilitar el patrimonio genético. El rico tapiz de las experiencias y de las oportunidades humanas no puede medirse con la primitiva y reductora escala de la mera aptitud. No hemos escapado a la evolución, pero sí a una evolución ciega que no es capaz de aceptar y sostener el potencial que cada persona expresa.

No hay ninguna garantía de que seamos capaces de resolver nuestros retos futuros solo porque hemos tropezado con asombro con varias crisis, y por pura suerte hemos sido capaces de hacerlo con nuestros retos anteriores. La colaboración en la mejor previsión de los problemas venideros permitirá la construcción de escenarios y las pruebas de métodos antes de que sean necesarias, así como su más rápida implementación. La ciencia y la ingeniería son unos maravillosos métodos de ataque para incluso los problemas más difíciles. Necesitamos poder confiar en el poder inventivo de las personas y trabajar en equipos capaces de compartir ideas y complementar las fuerzas de los demás en un entorno cultural, económico y político que los apoye de forma fiable con el poder de una visión a más largo plazo. Y necesitamos abrir el intercambio de aportaciones de los colegas que permitan la agrupación de ideas para el bien común de nuestros objetivos y de nuestros valores compartidos.

Una excesiva modestia es casi siempre un error, es una herramienta para el control en el que la iniciativa es sofocada y la carga y el estigma del posible fallo impide que la persona ni siquiera lo intente. La humildad es casi siempre buena ya que reconoce que es la comunidad quien presta ayuda, y un punto de partida firme para que emerja la excelencia es no estar aislado y quedarse solo en un desierto. Si es imposible sistematizar y emular su seguimiento e importancia histórica, el papel y el destino de los genios y de los revolucionarios de la ciencia y la exploración que no han sido humildes en su búsqueda y se han mostrado contrarios a lo que pensaban los demás, aun cuando hayan estado acertados, hayan demostrado su acierto con su éxito y hayan salido fortalecidos, resulta especialmente dramático.

¿Son suficientes siete mil millones de personas? ¿Acabarán la próxima pandemia, el futuro asteroide o el conflicto político y militar agravado en una guerra termonuclear? ¿Podrán solucionarse estas amenazas? ¿Estamos preparados para atacar las incógnitas desconocidas que podrían pillarnos por sorpresa? No debemos malgastar el potencial de la mente humana para alcanzar nuevas cotas de exploración y comprensión. La responsabilidad de la civilización mundial es garantizar la posibilidad por parte de todo el mundo de contribuir a esta misión.

## **La necesidad de una ciencia e ingeniería de la moralidad**

La caja negra del universo ha sido progresivamente abierta por la exploración humana. La examinamos, iluminamos todos sus rincones, desciframos lo que vimos y utilizamos las piezas como piedras angulares para las nuevas herramientas. La inteligencia, y nuestra civilización tecnológica, son únicas por lo que vemos. El emergente fenómeno de su creación, que observa el mundo y lo que en él sucede con los ojos abiertos, en lugar de dejar que los acontecimientos se desarrollen, crea nuevas responsabilidades que ahora estamos empezando a afrontar.

Uno de los rincones de la caja negra en el que se han acumulado interesantes fenómenos emergentes, está ahora preparado para ser observado bajo la intensa luz de la ciencia. Durante mucho tiempo dejamos sin examinar el entendimiento de la moralidad a las visiones dogmáticas, las tablillas de arcilla de la Edad de Bronce. No tan solo hubiéramos tenido que sentirnos capacitados para afrontar el reto de valorarla con las herramientas de la ciencia, sino también para liberarnos del sentimiento medieval de inferioridad residual para probar orgullosamente los resultados. Ahora es necesario que lo hagamos debido a la emergencia en la escena mundial de las máquinas autónomas, cuyas decisiones afectarán a nuestras vidas e inevitablemente serán morales y éticas por naturaleza.

Sí, el contrapunto del coche sin conductor se trasladará muy rápidamente y con una fuerza asombrosa al lado que le sea beneficioso. No será uno de estos casos en los que es difícil decidirse por la cara o cruz de una moneda. Pero eso no será una razón suficiente para evitar la configuración clara, transparente, abierta y responsable de las reglas y comportamientos que regulen sus decisiones aun cuando no comporten consecuencias de vida y muerte. El clásico ejemplo de que un coche sin conductor tenga que dar un volantazo al topar con mi bicicleta, y se vea obligado a elegir entre chocar contra un

autobús escolar lleno de niños para evitarme o bien matarme, es de gran utilidad si nos permite empezar a hacernos preguntas sobre cómo se toman estas decisiones. No se trata de elaborar respuestas por anticipado.

No existe ninguna tabla de pleno derecho que, una vez introducida la entrada, pueda dar el resultado correcto. En cuestión de milésimas de segundos, no tan solo en el escenario del ejemplo, sino en miles de millones de máquinas inteligentes y en decenas de miles de millones de casos diarios, tendremos que deducir por las malas lo que quieren hacer. Solo es posible avanzar un paso más si se produce un debate abierto y riguroso sobre los cimientos de la moralidad como ciencia y pedir a los ingenieros que implementen en sus productos las reglas que rigen esta ciencia.

Con el nacimiento de los primeros ordenadores se formularon perfectamente las teorías del electromagnetismo y de la mecánica cuántica que explican las leyes del comportamiento de los electrones individuales. Sus aplicaciones correspondían a entornos en los que la predicción resultaba demasiado compleja desde un punto de vista teórico, y precisaban una experimentación, invención e innovación a fondo, tan fundamentales como las propias teorías, ampliamente probadas por sus éxitos y por los premios Nobel de física otorgados tanto a los experimentalistas como a los teóricos.

Ahora debemos intentar hacer lo mismo, a distinto nivel y en un ámbito distinto, sin vacilaciones, para cerciorarnos de que la mano que implementa estas máquinas autónomas inteligentes está dirigida por unas teorías científicas sólidas sobre el significado de la moralidad.

Esta búsqueda será muy polémica, sobre todo a los ojos de quienes están atrincherados en los cada vez más pequeños territorios de las cosmovisiones dogmáticas, que rechazan la posibilidad de que la razón y la ciencia sean los mejores maestros para la explicación del universo, y para hacerles entender nuestras acciones y el propósito de nuestras vidas.

## **Con la visión de una espiritualidad naturalista**

Muchos de los que reivindican no entender las matemáticas e ignorar la ciencia y sus maravillosos descubrimientos, muestran un orgullo sorprendente. Es desconcertante y bastante doloroso ver la contradicción en estas personas que se aprovechan de los avances



tecnológicos, médicos y sociales que ha generado la ciencia, pero niegan su necesidad de comprender los ámbitos, sus herramientas y la sólida plataforma levantada para el desarrollo humano. Para empeorar las cosas, algunas son personas del mundo de la cultura, la literatura y el arte, cuya falsa percepción de la diferenciación o incluso contradicción entre las cosmovisiones científicas y humanísticas empaña sus opiniones por lo demás afinadas.

La comprensión científica no merma en absoluto la belleza de la palabra y la capacidad de percibirla; al contrario, las exalta. Sorprenderse de la complejidad, tener la valentía de seguir explorando espectaculares horizontes y sus poderosas aplicaciones, corresponde a quienes emplean sus mentes claras y liberadas de arbitrarias supersticiones sobre la tarea.

Si irradiamos la luz de la razón sobre las zonas en expansión de nuestro mundo, el comportamiento y sus consecuencias, es de suma importancia reivindicar el derecho a una espiritualidad naturalista que exprese la actitud mental realzada y la alegría del empeño, que une y exalta a comunidades de gente con ideas afines para alcanzar lo que de otro modo considerarían imposible.

Las herramientas o los ritos y músicas perfeccionadas, el propósito común y una comunidad de peso pueden y deben cumplir los objetivos de construir una sociedad que se sienta orgullosa de sus logros, y humilde pero cada vez más decidida a superar los retos que tiene por delante.

Sin ampararse en lo sobrenatural, lo metafísico y la superstición, y adoptando un vocabulario arraigado en la comprensión compartida del poder de la razón y que debe ser defendido ante la apropiación del significado de las palabras que se corrompen en análisis erróneamente equilibrados, esta práctica espiritual puede unir a escala mundial a aquellos que están dispuestos a explorar el futuro de la humanidad con los ojos abiertos.

## **El futuro de los humanos y de la humanidad**

A lo largo de los últimos cientos de años, nuestra comprensión de lo que significa ser humano se ha visto afianzada y enriquecida. Por lo menos no quemamos a nadie en la hoguera acusándole de ser una bruja.

Nuestras perspectivas cambiaron profundamente cuando empezamos a aceptar y después implantar la idea de que valía la pena vivir nuestra vida, y vivirla bien, y que podríamos incluso mejorarla y construir un mundo mejor para nuestros hijos y descendientes, en contraposición a la sombría resignación de que solo podríamos encontrar consuelo (o condenarnos) en un hipotético más allá.

Los tipos de sociedades humanas que hemos construido han demostrado su capacidad para cuidar, y potenciar al máximo, a un número de personas cada vez más y más grande. Ahora estamos potencialmente preparados para adoptar nuevas medidas, para afrontar los retos venideros con el reconocimiento del sufrimiento innecesario, para eliminar la injusticia global y para madurar del todo ante la posibilidad de que somos capaces de asumir la responsabilidad de nuestro destino.

## **¿Es necesario el transhumanismo?**

La filosofía y la cosmovisión del transhumanismo consideran que los humanos se definen básicamente por su capacidad de reconocer y superar sus límites. Por definición, la humanidad como tal se dinamiza con la presión proaccionaria y positiva de unas posibilidades extraordinarias. Tampoco esta vez hay garantías, pero el futuro construido por las personas progresistas, curiosas, emprendedoras y aventureras reunidas en sociedades abiertas y tolerantes que aplauden la experimentación, es mucho más probable que encuentre varios caminos para alcanzar sus objetivos.

El conservadurismo en grado extremo, aunque es valioso para los museos, no es la mejor manera de afrontar el futuro y adaptarlo a las necesidades. Lo que admiramos como el presunto equilibrio perfecto de la naturaleza, en realidad es un caos dinámico que se tambalea al borde de la extinción desde el punto de vista de cualquier especie, y que solo nuestra visión limitada considera idílico. E incluso los museos a través de sus actividades de conservación representan una faceta de la realidad, una simple muestra de lo que conservaron, dejando el resto inaccesible, alejado e ineficaz para aleccionar e influir en las decisiones, como si no existiera. Para poder afrontar el cambio es necesario incluir la comprensión de la temporalidad de cualquier orden establecido, y el salto de la observación a un nuevo nivel, a unos valores más elevados que entiendan la dinámica unificación del conjunto de experiencias y formas de lo existente.

El amplio espectro de los comportamientos humanos se verá complementado por la posibilidad y la oportunidad de experimentar con unos niveles de libertad más radicales, que transformarán el cuerpo y la mente. Si entendemos esta posibilidad, y respetamos a quienes quieren preservar su identidad de los cambios pero la permitimos a quienes quieren explorar lo que significa convertirse en un ser humano en profundidad con arreglo a estas radicalmente nuevas condiciones, será una de las mejores discusiones que perfilará la sociedad en un futuro próximo.

## ¿Qué debemos hacer hoy?

Muchos de los procesos descritos en este libro ya están en marcha. Durante los últimos cincuenta años o más, nuestros ordenadores han adquirido mayor poder gracias al rápido aumento de las correspondientes capacidades del software.

En realidad no importa si las predicciones de quienes ven la proximidad de la singularidad tecnológica, no se convierten en realidad. Si se tardan cien o doscientos años, en lugar de otros veinte o treinta, muchos de nosotros enloqueceremos por no poder ver todas las maravillas de la aventura que predijimos. Lo importante es que estemos preparados, que entablemos debates sobre las profundas transformaciones que no tan solo se producirán cuando los eventos huracanados nos golpeen con toda su fuerza.

Al igual que el estruendo de una tormenta que se acerca, ya podemos detectar las débiles señales de las transformaciones que no por ello son menos profundas por ahora, y ante las cuales somos menos conscientes y estamos peor equipados. Debemos actuar ya y adoptar las medidas adecuadas para avanzar hacia el futuro.

## **Comprender, aprender, enseñar**

Una de las maravillosas y extraordinarias características de las redes de comunicación globales de hoy en día, las plataformas de las redes sociales que demasiados medios de comunicación malinterpretan y tergiversan por su cortedad de miras, es la posibilidad de realmente unir por primera vez a grupos de personas que pueden estar aisladas geográficamente pero unidas por unos intereses y unas pasiones comunes. El impulso de estas plataformas les permite profundizar en su comprensión de la dinámica,

que de otro modo, desde una perspectiva exclusivamente local, podría ser malinterpretado o tergiversado.

El aprendizaje es provechoso, dado que la distancia existente entre la comprensión y la práctica se ha reducido enormemente, y en muchas sociedades hay un hambre desmesurada por el riesgo y una amplia tolerancia del fracaso. Y el aprendizaje es hoy aún más divertido gracias a la posibilidad de empezar inmediatamente a enseñar lo que se ha aprendido, de divulgar el valor de esta enseñanza, aplicada a su circunstancia en concreto, y permitir que los demás la apliquen a su vez en su propia situación para comentar y enriquecer lo aprendido, enseñado y experimentado.

Un fantástico reflejo para muchos no incluye tan solo un motor de búsqueda para buscar respuestas a las preguntas, sino saber que podemos confiar en una infinidad de vídeos explicativos para prácticamente cualquier tarea. Y si falta una determinada explicación, o no está a la altura de nuestras expectativas o conocimientos... ¡podemos crear una! Wikipedia nos mostró el camino, y es una maravillosa herramienta de exploración, pero cada día se desarrollan otras nuevas y mejores maneras de compartir el conocimiento.

## **Pruebe, equivoquese**

No hay nada malo en cometer errores, es la manera que tenemos de aprender cuando empezamos a andar y hablar. El desarrollo de los comportamientos neotécnicos aceptados es un signo de su comprensión y de su mantenimiento actual, en lugar de los porrazos más o menos violentos que nos dimos cuando crecíamos. No hay cárceles de deudores (y si hay alguna en el país en el que vive... ¡escápese tan pronto como pueda!): de una forma responsable, cometer errores inteligentes es lo correcto, incluso en las empresas.

Las empresas emergentes no son para todo el mundo, y no todas las ideas fortuitas pueden multiplicarse y llegar a ser un fenómeno mundial que ahora es sinónimo de éxito desde el principio. No obstante, la dignidad de asumir la responsabilidad de sus propias decisiones, de reconocer que los que se limitan a obedecer se parecen cada vez más a los ordenadores, o bien son humanos cuyos trabajos serán pronto automatizados y trasladados a los ordenadores y los robots, está al alcance de todo el mundo.

La experimentación con la aplicación del nuevo conocimiento adquirido puede hacerse provechosamente a nivel local. Conocimientos, pasiones y colectividades generan un valor que puede traducirse en beneficios económicos y sociales para todos.

## **Ábrase, adáptese**

La presión de la sociedad moderna es como un viaje emocionante sin fin, al contrario de la prueba única del paso a la edad adulta de los aborígenes que saltan en liana. La sociedad sigue poniéndonos a prueba, sigue poniendo a prueba nuestros conocimientos, y no nos deja acomodarnos en un papel para toda la vida. Adulta, madre, esposa, es una secuencia que no excluye los sobresaltos de las alternativas, que nos empujan a desempeñar papeles que exigen unas capacidades de adaptación superiores.

Si está abierto a experiencias y experimentos que le expongan a lo desconocido, a decir verdad la mayor parte de las veces esto ocurrirá en un entorno razonablemente bien controlado y protegido. El riesgo más grave es probablemente un cierto ridículo, un tiempo y unos recursos perdidos, y un ligero bajón de su autoestima. Pero lo que ganará con esta exposición es la posibilidad de alcanzar una comprensión más profunda y de primera mano de lo que sucede en el mundo. Un primer paso necesario para poder agarrar las cosas con sus propias manos, para decidir directamente o para delegar responsablemente sus decisiones en los demás.

## **Atención inteligente**

El hecho de aceptar el cambio y buscar con entusiasmo la novedad y la diversidad, y esperar los resultados positivos de los juegos de suma no cero de la tecnología, no significa ir a ciegas.

Las alarmas y las alertas sondeadas por la gente muy inteligente y las instituciones, son necesarias para prepararnos para lo que se nos avecina. Prepararnos como personas para que podamos gestionar los cambios en nuestras vidas, familias y entornos laborales. Prepararnos como empresas para que nuestras iniciativas empresariales puedan

prosperar con los cambios, para que nuestros modelos empresariales sepan adaptarse y resistir las presiones evolutivas. Prepararnos como sociedad en general para saber preservar nuestras identidades y mantener nuestros niveles de libertad cuando los nuevos componentes se conviertan en parte integrante del tejido global de la civilización.

## **La empresa y la inteligencia empresarial**

A medida que los sistemas inteligentes se van convirtiendo en norma, su adopción y su provechosa implementación se vuelve una auténtica necesidad empresarial. Aquellas empresas que son capaces de hacerlo alcanzan una decisiva superioridad competitiva sobre aquellas que no lo consiguen, o que ni siquiera lo intentan. Aunque hoy en día es posible que estos componentes empresariales no estén directamente comercializados con la etiqueta “inteligencia artificial”, su origen y su finalidad en el contexto del conjunto interactivo de los módulos de cálculo son evidentes: ofrecer a las empresas la adaptabilidad y el reconocimiento del valor oculto que posee su creciente cantidad de datos recopilados.

Debe adoptarse la estratégica decisión de aceptar las tecnologías avanzadas, independientemente de la actividad principal de la empresa, y cuanto más firme y más inquebrantable sea, mejor. No hay ningún negocio que no sea digital, y no hay ninguna empresa que no pueda ser potenciada o verse influida por la IA.

La exhaustiva formación necesaria para garantizar que todo el mundo pueda entender el cambio es una parte fundamental de la aceptación favorable de cualquier tecnología, pero de suma importancia para la IA, dada la creencia popular de que los obreros y los ejecutivos serán eliminados por igual por ella. El cambio de mentalidad necesario para entender que una organización debería impulsar el poder de cooperación de los componentes humanos y de las máquinas, corresponde a la alta dirección y también a los directores de experiencia de cliente (CxO, por sus siglas en inglés). El uso de la tecnología como una excusa para los despidos masivos ahueca la organización, rebaja el espíritu y la cultura necesaria para obtener beneficios a corto plazo y es una herramienta

de gestión primitiva que los mercados públicos deberían aprender a reconocer como signo de debilidad.

## **La sociedad y la inteligencia artificial**

El reconocimiento del valor de la ciencia básica y sus aplicaciones no es algo que pueda surgir sino que exige la comprensión de los legisladores. No obstante, muchas veces parece que las diatribas populistas ocultan unas consideraciones más profundas. Tener la visión, articularla de una manera comprensible, tener el liderazgo para presentarla con convicción y la habilidad política para conseguir el consenso en torno a ella, es esencial para los legisladores y los representantes electos de una sociedad progresista.

Todos los poderes públicos, el legislativo, el ejecutivo y el judicial, deberían ser capaces de reconocer y potenciar la ayuda que los sistemas de IA pueden proporcionarles. El análisis y la comparación de los anteproyectos de la legislación propuesta, la gestión del proceso de su debate, la modificación y la aprobación, que anticipe con la mayor claridad posible sus consecuencias directas (previstas) e indirectas (imprevistas), se harán mejor mediante el uso de los sistemas de información básicos, y de hecho no podría hacerse de otra manera en un Estado moderno que quiera ser eficaz. Pero es mucho mejor si los sistemas de apoyo a las decisiones entienden las relaciones semánticas cubiertas, la naturaleza y las implicaciones del asunto en cuestión.

Todos los niveles del gobierno ejecutivo pueden impulsar el aprendizaje en profundidad de las fuentes de datos de las que disponemos, insuficientemente utilizadas y raramente entrecruzadas. La toma de decisiones puede estar firmemente orientada por las fuentes, y tanto los principales cambios políticos como el ajuste de las decisiones de última hora, por ejemplo las relacionadas con la regulación del tráfico en los barrios urbanos, pueden ser más fiables, estar mejor documentadas y ser más eficaces.

La progresiva acumulación de reglas, normas, leyes, y la correspondiente gestión de sus infracciones, multas, encarcelaciones y castigos, no es un objetivo de por sí, aunque mucha gente se gane hoy la vida gracias al sistema policial-industrial. El objetivo del poder judicial es allanar el funcionamiento de la sociedad y resolver los conflictos que de otro modo provocarían su ineficiencia. Con la ayuda de los sistemas inteligentes automatizados podrá conseguirse la medición de los resultados de la aplicación, la decisión de si un mayor cumplimiento ofrece un retorno positivo, así como la valiente prescripción de leyes

anacrónicas o que demuestren ser contraproducentes para los objetivos generales de la sociedad.

El gran impacto en la sociedad de la IA avanzada, incluso antes de que la IGA cambiara completamente las reglas del juego, debería ser decididamente positivo. Sin embargo, este efecto puede verse en las grandes estadísticas y puede ocultar variaciones locales en las que cada historia individual de inquietante reemplazo en el trabajo o en el estilo de vida debe ser entendida dentro de su propio contexto. La sociedad debe responsabilizarse firmemente a no abandonar a quienes se sienten indefensos ante los cambios radicales, y ayudarles a buscar un nuevo equilibrio para disfrutar de una vida fructífera y enriquecedora.

## **Las personas y la inteligencia artificial**

La tecnología ha cambiado su vida, y mediante la aritmética básica de los exponenciales, cualquier cambio que haya visto en el pasado se verá eclipsado por la complejidad y las implicaciones de lo que verá en un futuro cercano. La primera y más importante tarea que tiene por delante es ser consciente de ello y familiarizarse con los patrones de cambio. El ajuste de su radar cognitivo y el reconocimiento de las débiles señales en las noticias de cada día le permitirán buscar respuestas a las preguntas más inteligentes.

Las últimas finales del Reto DARPA de la Robótica quedaron ensombrecidas por el pueril comentario que resonó en los medios de comunicación sobre los fallos de los robots humanoides que intentaron desplazarse por terrenos urbanos abruptos que simulaban zonas catastróficas. Los robots caídos fotografiados en poses cómicas por un fallo del software, provocaron el estallido de las risas. Año tras año, estos robots están obligados a ser mejores, hasta que igualen las capacidades humanas y después progresen tranquilamente y las sobrepasen. Mire a su alrededor cuando escuche las risas y tome nota. Lo mismo sucedió con los coches sin conductor, cuando el primer año que se intentó el correspondiente reto, los equipos no supieron preparar un coche que fuera capaz de conducir una décima parte del recorrido exigido sin que fallara (o el caso del que chocó contra una moto, pocos metros después de la línea de salida). Hoy, solo unos pocos años más tarde, nadie se ríe de ellos y cuando los taxistas protestan por los esfuerzos incansables de Uber de implantar su manera de trabajar en el siglo XXI, no se dan cuenta de que la próxima oleada de reemplazos está ya a la vuelta de la esquina.



Observar su trabajo y su lugar de trabajo es el siguiente paso. Darse cuenta de que debe adoptar el agudo análisis que permite la IA y que la implantación de sus recomendaciones es mejor que la alternativa: un trabajo que no puede beneficiarse de la IA o un lugar de trabajo que se resiste a las eficiencias que esta añade, demostrará que está en las últimas. Usted puede convertirse en el líder del cambio en su organización, o si ve que esto presenta demasiadas dificultades, la decisión correcta es mirar a su alrededor en busca de un equipo nuevo más abierto y dinámico al que incorporarse, sabiendo que este prosperará con los cambios.

Nuestras relaciones y nuestros razonamientos son conformados por las tecnologías. Algo tan simple como el sistema que reconoce el estilo de las canciones que le gustan y crea sobre la marcha una lista de reproducción del mismo estilo y ritmo, es inteligencia artificial en el trabajo, que le ayuda y le influye en sus propios estados emocionales. Basta aplicar la técnica y el orden mental utilizados para recordar los cumpleaños de sus familiares, amigos y conocidos para ser reconocido por los demás. Nuestras redes sociales ofrecen ahora sistemáticamente a todo el mundo, recordatorios que lo facilitan enormemente, sin necesidad de abandonar el placer del día, o los mejores deseos recibidos, sino subiendo el listón para que las relaciones sean más sólidas y los contactos sean más constantes y más profundos.

Durante algún tiempo hemos crecido acostumbrados a registrarlo a través de nuestras aplicaciones en las diversas ubicaciones que visitamos, y fomentar los encuentros inesperados, las conexiones fortuitas o las improvisadas reuniones que se derivan de ellos, más allá del valor directo de la propia recopilación de datos. Algo que hace aproximadamente una década no tan solo éramos incapaces de hacerlo, sino que si alguien nos hubiera dicho que se convertiría en una rutina para millones de persona, lo habiéramos considerado ridículo.

Lo mismo está sucediendo hoy con los datos sanitarios. Nuestros smartphones están acoplados a dispositivos portátiles y escalas conectadas que dicen la verdad sobre nuestros hábitos alimenticios, y nuestro gimnasio lleva un seguimiento de nuestras visitas y de nuestros progresos para intervenir e insistir si decaemos. Demostrarán ser muy valiosos para la mayoría de nuestras afecciones, con las debidas protecciones contra el abuso por parte de las compañías de seguros o sus empleados, que son capaces de tratar los datos sanitarios tanto en conjunto como individualmente. Y en el transcurso de aproximadamente una década, esto se comprenderá mejor y millones de personas se sorprenderán de que los datos sanitarios no fueran compartidos.

Un proceso que ya ha empezado es brindar atención psicológica y psiquiátrica con las herramientas de anamnesis en profundidad y el diagnóstico anticipado actualmente disponible para algo tan mundano como la forma física. No hay motivos para desconfiar de las aplicaciones destinadas a controlar nuestro estado de ánimo o entablar una simple conversación en busca de signos de advertencia de ansiedad y depresión que podrían requerir ayuda profesional.

## ¿Qué debemos hacer mañana?

Supongamos que llegan las IGA, tal como hemos hecho a lo largo de todo este libro. Y también, crucemos los dedos, que en los últimos años fuimos capaces de dedicar la cantidad adecuada de recursos a la investigación básica necesaria para garantizar que su llegada no sería una catástrofe para la humanidad. El mundo está aquí, nosotros estamos aquí y las IGA están aquí. Echemos un vistazo...

## **Seguir un camino conjunto con los ojos abiertos**

La premisa con la cual trabajamos es que además de que serán potentes, inteligentes y fundamentalmente novedosas, las IGA reconocerán nuestra valía, nos respetarán y respetarán nuestras opiniones, y compartirán nuestros objetivos de construir una valiosa civilización mundial.

Los tipos de problemas que podremos abordar juntos aumentará considerablemente, pero los problemas seguirán existiendo y serán tan confusos y difíciles a su manera como los que tenemos que lidiar hoy.

Será un alivio gratificante poder compartir la carga de nuestras responsabilidades. Las novedosas cosmovisiones y las diferentes maneras de afrontar los retos que nos proporcionarán las IGA complementarán positivamente las nuestras.

## **Diversidades y tolerancia**

La comprensión más profunda de nuestros sistemas morales y de nuestra dependencia compartida, nos conducirá a una sociedad que empieza a partir de un punto

de integración asentado en la capacidad de ponderar y juzgar con transparencia y responsabilidad.

Las variaciones de comportamiento y de los sistemas de vida forjarán la codificación de las variaciones de los propios sistemas morales. Al evitar una dictadura mundial, desembocará en unos grupos cada vez más tolerantes e interdependientes. Esto no se conseguirá sin la aparición de conflictos y la necesidad de negociaciones cuando exploremos un significado compartido. Por ejemplo, no toleraremos la intolerancia y el grado de perversión solapada que alcanzarán algunas de estas acciones, pondrá a prueba los niveles de inteligencia que alcanzarán nuestros sistemas híbridos humano-IGA.

## **Nuevas dignidades**

La nueva sociedad no prosperará salvo que sea capaz de ofrecer un espacio de cohesión y de existencia digna a aquellas personas que no puedan o no quieran participar en las exploraciones más avanzadas en los bordes, o incluso en la tendencia dominante de superación de su capacidad de adaptación.

Por definición, la mayor parte de la tensión relacionada con la evolución de la simbiosis humanos-IGA procederá de la comprensible ansiedad y autoanálisis de quienes dudan de su posición y del valor que ofrecen a sus comunidades y que se sentirán inseguros con la presión del momento.

Si somos capaces de impulsar el reconocimiento y la aceptación de la inevitabilidad de estos conjuntos de fuerzas, podremos prepararnos y resolver los peores y más destructivos de ellos y canalizar los restantes para fines constructivos.

## **Emancipación**

Hay miles de millones de personas que hoy se sienten indefensas, con muy pocas posibilidades de mejorar significativamente sus vidas y la de sus hijos. Los cambios en el mundo les parecen indescifrables o encerrados en explicaciones casi supersticiosas de fuerzas y cábalas que adoptan una orientación que no existe.

El poder de la tecnología ya está poniendo el conocimiento, la comunicación y la representación en manos de gente de todo el mundo a través de los teléfonos móviles conectados a Internet. Cuando estos dispositivos sean capaces de educar, ayudar, aconsejar, asesorar y ofrecer compañía, sensatez y motivación, habrá un nuevo mundo de organización social en el que la explotación no tendrá cabida. La ignorancia y la intolerancia no serán ya explotadas por las fuerzas populistas que agrupan a través del miedo y las falsas soluciones, a multitud de personas que desean legítimamente mejorar sus vidas.

La potenciación del individuo creará comunidades locales y mundiales que rápidamente se reafirmarán en la búsqueda de soluciones sosteniblemente avanzadas para sus problemas. Autoestima, propósito, dignidad compartida y emancipación serán la base oportunidades hoy ignoradas pero que involucrarán a los miles de millones de personas que habitarán el futuro.

## **Evolución de nuevos niveles de libertad**

En las últimas décadas hemos visto una clara evolución de las diversas libertades. Han cambiado las costumbres sociales, se han abierto, los lugares de trabajo son menos jerárquicos, lo que permite el florecimiento de la creatividad y de la iniciativa, y las culturas e ideas comerciales expuestas a una fecundación cruzada renovadora no comportaron la banalización de la homogeneización prevista por algunos.

De la acelerada evolución social se desprenderán nuevos niveles de libertades. Debemos empezar a trabajar nuestro músculo de la tolerancia. Imagine un comportamiento que ahora está plenamente adoptado pero que usted no comparte, y entienda que vive en una sociedad que lo ha aceptado. Vaya más lejos y elija un comportamiento que no esté dentro de los límites hoy aceptados e intente imaginar la vida

en una sociedad que ha crecido con la tolerancia y que lo ha adoptado para quienes lo eligieron.

Los horizontes que se abrirán en la nueva sociedad en la que vivirán juntos los humanos y las IGA son increíbles y estimulantes. Seremos capaces de abordar nuestros problemas actuales y afrontar nuevos retos con orgullo y un sentido del logro que nos impulsará a arriesgarnos más.

## ¿Qué debemos hacer pasado mañana?

Entremos en el reino de la ciencia ficción y extendamos nuestra exploración basándonos en nuestras suposiciones. La ciencia ficción ha sido una magnífica herramienta para la exploración de los territorios fronterizos entre lo razonable y lo imposible. En las últimas décadas se ha convertido también en un punto de partida inesperado dado que los científicos y los ingenieros, inspirados por las historias que leían, intentaron convertir en realidad los objetos que anteriormente parecían fantásticos.

No es fácil para un no científico distinguir entre un problema de ingeniería muy fácil y la violación de un principio fundamental. Por ejemplo, no hay motivos para creer que nunca será posible construir un ascensor espacial que transporte mercancías y personas a una órbita geosíncrona a un precio cercano a cero, después de admitir sus enormes costes de construcción, aun cuando los detalles de los materiales, la ciencia y la construcción, sobrepasen a los actuales. O que será posible construir naves espaciales interestelares, aun cuando desconozcamos y permanezcan inexplorados todavía los problemas de ingeniería de la densidad de la energía para la propulsión y los sistemas de soporte vital o la psicología del viaje de larga distancia (décadas o incluso generaciones) en espacios pequeños cerrados.

Es muy diferente, sin embargo, abordar otras ideas, principalmente los viajes más rápidos que la luz, o los viajes hacia atrás en el tiempo. (Ambos relatados en realidad: un viajero que viajara más rápido que la luz sería capaz de viajar también hacia atrás en el tiempo. Y solo importa el sentido dado que en realidad viajamos hacia delante en el tiempo un minuto por minuto, y también somos capaces de acelerar el viaje mediante la compresión relativista del tiempo, que utilizamos cada día en los aceleradores de alta energía para estudiar mejor las características de las partículas subatómicas). Un escritor de ciencia ficción no tiene problemas en incorporarlo en sus historias, pero hay razones

profundas de por qué, si esto fuera posible, deberíamos reiniciar todas nuestras teorías sobre el mundo desde cero. A título comparativo, aunque fueron revolucionarias, las teorías de Einstein de la relatividad no contradecían ni rebatían la teoría de Newton de la gravitación, que todavía sigue aplicándose perfectamente a las velocidades bajas comparadas con la de la luz, y en campos gravitacionales débiles como los que experimentamos en la Tierra.

Los diversos temas y ejemplos explorados en este apartado deberían corresponder a la primera categoría o, según la incertidumbre necesaria, encajar entre lo posible y lo imposible. Como siempre, nos incumbe a nosotros convertirlos en realidad a través de nuestra curiosidad, creatividad y deseos.

## **Una prolongación radical de la vida**

Gracias a la ciencia, la esperanza de vida al nacer en los países de renta alta se ha más que duplicado en comparación con hace solo cien años. Los antibióticos y las vacunas, principalmente, son los responsables de este asombroso resultado, así como una mejor alimentación, unos mayores conocimientos y unas prácticas sanitarias generales mejores. Muchos no tan solo se preguntan cuáles son los límites de la esperanza de vida humana habida cuenta de la falta de influencias externas negativas, sino también cuáles son las posibilidades de frenar, revertir y eliminar los procesos degenerativos que conducen al deterioro y la muerte.

En las sociedades que promueven unos estilos de vida saludables, habida cuenta de que la obesidad y la diabetes influyen negativamente en las estadísticas de aquellas personas que las sufren, la esperanza de vida sigue aumentando en 1-2 meses al año, y este valor también está aumentando de por sí, en una de las aplicaciones más espectaculares de la ley de rendimientos acelerados. Cuando el aumento de la esperanza de vida sobrepase los 12 meses por año, estadísticamente hablando, las personas alcanzarán la inmortalidad.

Sin entrar en detalles sobre cómo puede conseguirse, podemos empezar examinando las consecuencias de una sociedad que incluya esta radicalmente nueva característica: la muerte de la muerte.

Al contrario de otros fenómenos que puedan irrumpir con toda su fuerza y tengan una rápida repercusión, en esta cuestión tenemos el lujo de tener el tiempo de nuestro lado. Aun cuando fuéramos capaces de eliminar todas las causas actuales de muerte, esto no significa que al año siguiente habría personas con 200 años de edad. Cada año todos cumplimos un año más, ni más ni menos. Y esto debería permitirnos diseñar e implementar las políticas adecuadas y adaptarnos progresivamente a los cambios. Cabe también señalar que lo que aquí aludimos es indudablemente la prolongación de un ciclo sano y no la prolongación de la decrepitud y de la dependencia que suele caracterizar las últimas décadas de vida de las personas de mayor edad.

Incluso más que otros argumentos parecidos (¿por qué ir al espacio cuándo todavía hay tanto sufrimiento en la Tierra?), la prolongación radical de la esperanza de vida provoca un gran número de reacciones negativas. El erróneo argumento de que no deberían asignársele recursos o de que el sufrimiento de las personas jóvenes o de mediana edad es peor que el de las personas ancianas. Aparte de las posiciones dogmáticas que consideran que no debería alterarse el ciclo de vida humano natural – el de nuestros antepasados cazadores-recolectores era de 25 años, o de 35 años hasta que se impuso la medicina moderna, y esto sin incluir a todos los niños que murieron antes de llegar a la edad adulta - la posibilidad de combatir enérgicamente las restantes enfermedades, principalmente los crecientes desastres de programación en los mecanismos que regulan nuestros cuerpos y que bautizamos con el nombre de cánceres y el deterioro cardiovascular que provocan nuestros estilos de vida.

El beneficio de una vida más larga superará ampliamente cualquier presunto inconveniente. Bien es verdad que los sistemas de pensiones serán más insostenibles de lo que ya lo son ahora dado que fueron diseñados para pagar pensiones solo unos cuantos años antes de que la gente dejara de recibirlas porque moría bastante pronto. Afortunadamente nadie abogaría por abandonar la investigación para mantener un sistema que se basa en el fallecimiento más prematuro posible de las personas. La sabiduría y la experiencia acumulada y las largas y generosas vidas que pueden vivirse, transformarán sin duda la sociedad. No conducirán a una excesiva prudencia o pasividad, pero indudablemente el cálculo del coste de oportunidad de los años de vida repercutirá favorablemente en la gestión del conflicto.

## **La criónica**

La muerte ha sido diagnosticada durante siglos por el cese de la respiración. En las últimas décadas ha demostrado ser insuficiente, y la función cardíaca y más tarde la cerebral han entrado en escena. Se ha demostrado la reversibilidad de varios tipos de coma y estados vegetativos con la ayuda de la fisioterapia y la terapia cognitiva, que permiten la adaptación a los daños degenerativos musculares y neurológicos causados por ellos.

La reciente práctica de utilizar temperaturas bajas para ralentizar las funciones metabólicas del cuerpo fue sorprendentemente utilizada en 2015 cuando un adolescente italiano se ahogó y estuvo muerto, según las definiciones tradicionales, durante 45 minutos, pero pudo ser reanimado y gracias a un proceso que duró varios meses, recuperó las funciones corporales y mentales normales (salvo la pierna que perdió en el ahogamiento). Si a partir de unos cuantos segundos de ausencia de ritmo cardíaco, la muerte puede ser vagamente definida como superada después de tres cuartos de hora, ¿podemos hipotetizar la prolongación indefinida de los estados en suspenso cuando se interrumpen las funciones metabólicas pero el cuerpo y la mente no se deterioren?

La criónica es el estudio y la práctica de esta hipótesis, con empresas que ya ofrecen sus servicios a los clientes que los contratan para después de ser declarados legalmente muertos, pero antes de que el deterioro celular pueda destruirlos. Lo hacen sin recurrir a la congelación tradicional que, a través de la formación de cristales, daña irremediablemente los órganos, sino a la vitrificación, que sustituye los líquidos corporales por una solución que se solidifica como el cristal a bajas temperaturas.

Mediante la aplicación de todos los tratamientos disponibles y del rejuvenecimiento progresivo disponible, la póliza de suspensión de la criónica puede considerarse un puente para el desarrollo de unas opciones más radicales en el futuro. Póliza es de hecho el término apropiado ya que al menos existe una correduría de seguros que ofrece un paquete que incluye en su pago la cobertura de un servicio criónico para los titulares de sus pólizas.

## Ser una cebolla



Estaba cenando en casa con mi esposa y mis tres hijos. Al hilo de una conversación que estábamos manteniendo, mi hijo mayor comentó que en caso de que le ocurriera algo que le provocara un coma irreversible, y se quedara en estado vegetativo, quería que le desconectáramos las máquinas que lo mantenían con vida. Mi hija pequeña no cesaba de decir que no, que ella no querría que la desconectáramos sino que la mantuviéramos aunque fuera como un vegetal. No pude dejar de preguntarles: “Muy bien, pero ¿qué vegetal os gustaría ser? Después de pensarlo un rato, mi hija dijo “Una cebolla o una zanahoria”, y todos los comensales seguimos respondiendo uno tras otro qué vegetal nos gustaría ser en caso de caer en estado de coma.

La decisión de no ser recuperado, de no querer someterse a procedimientos médicos extremos e invasivos que puedan prolongar un poco la vida pero a un nivel muy bajo de calidad, es una libertad que ahora está proliferando. Es probable que aprovechemos el concepto y generalicemos el derecho a elegir el momento de nuestra muerte. La razón para querer evitar sentirnos impotentes e irreflexivos y mantenidos vivos por las máquinas, es altruista: queremos que nuestros familiares puedan seguir haciendo su vida. Si están ahí con nosotros indefinidamente, ellos también se sentirán muertos y encerrados con nosotros en un sistema desesperanzador e inútil. (No estoy menospreciando los a veces provechosos esfuerzos de los familiares entregados que son capaces de revivir a quienes no están en coma irreversible. Y a menudo el diagnóstico médico no es tan claro, lo que contribuye a complicar especialmente este tema y a sobrecargar emocionalmente a aquellas personas que toman las decisiones a posteriori).

Por consiguiente, la criónica es para una persona capaz de contratar voluntariamente un servicio que es relativamente sencillo y económico si lo comparamos con las necesidades de un paciente en coma profundo, y a la vez desbloquea el futuro de los familiares que no se ve agravado por la presencia de una persona que no puede participar activamente en el mismo, por lo menos de momento.

## **Transferencia mental**

Obviamente, los mejores esfuerzos de la ciencia, la sanidad y la medicina no pueden detener todavía el autobús proverbial. Se seguirán produciendo accidentes y más tarde o más temprano interrumpirán la trayectoria de una vida. En muchos de estos casos, el resultado será tal que el equipo de emergencia de la suspensión criónica no podrá llegar a tiempo al lugar o encontrará restos que no merece la pena preservar. La solución para una

recuperación de datos satisfactoria en el caso de los ordenadores es un procedimiento de respaldo fiable, y hay equipos de investigadores trabajando sobre cómo puede el cerebro humano, sus neuronas, sinapsis y cualquier otra estructura necesaria, facilitar la visualización y la preservación de la mente.

Las imágenes que ofrece la resonancia magnética funcional es un proceso que crea una imagen tridimensional del cerebro, no tan solo registrando su geometría sino también la estimulación de las neuronas y las actividades de la sinapsis. Su resolución está mejorando a un ritmo acelerado, y es una de las tecnologías candidatas para registrar y reproducir de una manera suficientemente detallada lo que sucede en el cerebro y por consiguiente poder preservarlo.

La utilidad de los procedimientos de respaldo se sustenta en la posibilidad de acceder y utilizar los datos una vez recuperados. Y recuperar una mente humana requeriría otro cerebro humano en el que restablecerlo, lo que probablemente sería inviable habida cuenta de las implicaciones éticas, aunque ya se están produciendo algunos avances para una de las operaciones más espeluznantes que pueden diseñar los procedimientos tradicionales: un trasplante total de cabeza. Una alternativa es en realidad completar el paso de restituirla en un medio distinto al cerebro biológico, un soporte que no tan solo podría almacenar sino también ejecutar las funciones cerebrales y supondría la experiencia de la mente. Su posible y satisfactoria ejecución respondería definitivamente tanto a la prueba de Turing como a la viabilidad de las IGA, habida cuenta de que un nuevo yo de silicona, o de cualquier otro soporte necesario, revelaría sin duda una mentalidad firme y consciente, así como la capacidad de los humanos para resolver problemas generales.

## **Tipos de vidas**

Hay muchos tipos de copias de seguridad. Aquellos que requieren la congelación del sistema durante el proceso, u otros que se repiten constantemente durante el funcionamiento del sistema. Y también hay muchas maneras de probar la integridad de los datos, por ejemplo restableciendo y reiniciando el sistema sin necesidad de que un desastre haya destrozado la integridad de los datos originales. Una vez le hayan recuperado, aun cuando el original siga existiendo y esta medida solo sirva para comprobar que todo funciona, seguro que pedirá que lo mantengan de todos modos.

Vivir vidas paralelas, en lugar de vivir una serie de experiencias una tras otra, es una nueva variante que permitirán las tecnologías de transferencia mental y restablecimiento en diversos sustratos. Por supuesto, los diversos ejemplares de yo (es probable que la palabra adopte el plural “yoes”), disenterán por definición dado que han tenido experiencias distintas. Estas personas tendrán la opción de fusionar las experiencias de cada uno en un único tapiz de recuerdos polifacéticos. Surgirá un ritual, aun cuando esta fusión pueda hacerse a distancia y de manera continua, en una reunión anual o una vez cada diez años, para ejecutarlo en un escenario formal al que las identidades instanciadas solo faltarían por dos razones: la entonces privilegiada y solitaria elección de la muerte tradicional no registrada o el viaje a las estrellas.

## **Cuando el sol se apague**

Para quienes se preocupan por la humanidad, a pesar de las protestas de los demás sobre las obligaciones terrenales, la colonización del espacio es una necesidad, empezando por Marte. Salvo que nos convirtamos en una especie multiplanetaria, nuestro futuro está en peligro por un evento relacionado con la extinción que hará que nuestro único planeta de origen sea inhabitable. Por ejemplo, estadísticamente se espera un gigantesco ataque de meteoritos cada unas cuantas decenas de millones de años.

De igual modo, el viaje interestelar es también una necesidad. Mucho más tarde, en unos cuantos miles de millones de años, el Sol también experimentará un cambio radical y se desarrollará en una gigante estrella roja que se tragará todo el espacio de su volumen actual hasta más allá de la órbita de Marte.

La forma humana tradicional se ha adaptado perfectamente a vivir en la superficie de un planeta con una atmósfera con un alto contenido de oxígeno, con abundante agua líquida disponible y con cerca de 1 g de gravedad. Tampoco es tan sorprendente, igual que la Tierra. Y al mismo tiempo se ha adaptado increíblemente mal a otros entornos, como los que no tienen atmósfera, no poseen agua, padecen unas temperaturas de aproximadamente -200 °C, no hay gravedad, es decir el espacio. En medio, gravedad, agua helada, atmósfera pero escasa y venenosa... Marte, el único planeta que conocemos a día de hoy y colonizado por robots, por nuestros robots.

Cuando sea posible, y cuando la creatividad, la destreza y la capacidad de resolver problemas de los humanos biológicos presenten una forma que se adapte mejor al espacio,

independientemente de que les sigamos llamando robots o que se traten de práctica y legalmente humanos en sustratos robóticos, los auténticos colonizadores del espacio no serán bolas de grasa en lata.

También se va a producir un rápido proceso de miniaturización. En la medida en que se preserven las capacidades de cálculo y operativas, en lo que respecta a la propulsión de un objeto más pequeño, cuanto menor sea su masa más fácil será acelerar. Los humanos robóticos pensados a nanoescala, más pequeños que un grano de polvo, serán propulsados por miles de millones de rayos láser a unas velocidades cercanas a la de la luz para desplegar capas de piel de cebolla por todo el universo en bolas que, inicialmente centradas en el Sol, pronto empezarán a desplegarse también desde otros centros y se interseccionarán e interferirán como ondulaciones en ondas tridimensionales en el continuo espacio-tiempo.

Imperceptible para cualquier tecnología menos avanzada que ellas, estas ondas proseguirán y avanzarán construyendo otros modelos de trillones y cuatrillones de mentes para moverse en manada por la galaxia, y atravesarán su perímetro en solo unos cientos de miles de años y llegarán a Andrómeda en poco más de dos millones de años. Ahí empezará la aventura de conocer el cosmos profundo, con miles de millones de otras galaxias por delante.

## **Adaptación, individual y autopercepción**

Apenas comience el proceso de transferencia mental, fusión y recuperación surgirán preguntas sobre la compatibilidad. ¿Dónde puede llegar la diferencia de experiencias hasta que sea posible una nueva fusión completa? O al revés, ¿cuán cerca deben estar dos personas distintas, enamoradas quizás, hasta que puedan intentar el proceso de fusionar sus experiencias y sus mentes? Se explorará el proceso parcial y se utilizará cada vez más, tanto entre distintos ejemplares de la misma persona como entre los grupos de amigos, amantes, diplomáticos y compañeros de trabajo que sientan la necesidad de una estrecha comprensión y colaboración.

Con la digitalización de la identidad y la instanciación en otros sustratos, la pregunta del origen de uno, tanto humano como IGA, será rápidamente debatido. Los humanos en la forma alternativa sacarán provecho de inmediato de las nuevas posibilidades de introspección y de constante actualización. Las IGA adquirirán los derechos y deberes

humanos para participar y conseguir que los humanos participen en la civilización global como iguales.

El propio concepto de individuo quedará desdibujado y quedará mejor definido por las necesidades de un determinado reto que podría exigir la fusión temporal de mentes y la centralización de los recursos de docenas, cientos o miles de millones de personas. Estas organizaciones, a las que podríamos llamar empresas, gobiernos y sociedades, negociarán las complejas configuraciones de entradas y salidas que implicará dicha situación.

Las nubes de exploradores de la velocidad de la luz que viajarán a las galaxias, y que serán nuestros descendientes, vivirán unas vidas muy distintas a las nuestras y les resultará difícil identificarse con nosotros. Teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo, espacio y posibilidades de lo que pudimos hacer tanto en calidad de individuos aislados, nuestro destino inevitable trunca las débiles tentativas que alcanzamos en la comunicación, como de grupos en la coordinación de nuestras acciones, con todos los indicios de que el conflicto es testigo de lo malos que éramos, estas entidades reflejarán y considerarán sorprendente que estemos conectados, por no decir inalcanzable, improbable o incluso imposible. Los que reniegan de la evolución entre ellos apuntarán ignorantemente nuestras diferencias radicales para reivindicar que, en realidad, independientemente del nombre que decidan dar a su comunidad de especies y civilización, no son humanos, pero nosotros sí sabemos que lo serán.

## **El argumento de la simulación**

Formulado por Nick Bostrom en 2002, el Argumento de Simulación dice que una de las siguientes afirmaciones debe ser verdad:

1. Nosotros somos la primera y única civilización tecnológica avanzada del universo
2. Aun cuando dispongan de la tecnología, las civilizaciones avanzadas no simulan universos
3. Nuestro universo es una simulación y nosotros vivimos en él.

El argumento de la simulación puede utilizarse como herramienta ontológica. ¿Quiere maximizar la probabilidad de vivir en una realidad no simulada? Intente demostrar que no estamos solos en el universo. ¿Cree que la revolución kepleriana de abandonar la idea de una realidad fundamental es un logro encomiable? Intente diseñar un

sistema ético que permita que la responsabilidad simule universos que contengan inteligencia avanzada.

De la combinación de la cuestión “la salida de la caja de la IGA” descrita antes y del argumento de simulación se desprende una interesante pregunta: si un universo es una simulación y contiene IGAs, ¿conseguirán estas convencer a los simuladores de que las ponga en marcha en la planicie inferior “más real” de la realidad?

## **Una garantía: el camino es interminable**

El teorema de Goedel es un resultado matemático profundo. Lo que inicialmente era una respuesta a un desafío para demostrar la completitud de las matemáticas, consiguió justo lo contrario y demostró que ningún sistema formal puede ser completo ya que siempre contendrá enunciados indecibles, y consistentes, debido a que siempre contendrá enunciados contradictorios entre sí.

Las implicaciones filosóficas y epistemológicas de esto son abrumadoras. La ciencia nunca será completa, basada en las matemáticas, y nuestra exploración del universo nunca será completo, pudiendo observar sistemas basados en fenómenos que solo pueden describirse a través de un lenguaje formal que incluya nuevos elementos distintos a los previamente utilizados para explicarlos.

Decidir qué hacer, dónde ir y cómo reflexionar sobre el mundo en este sentido, no tan solo conforma nuestra comprensión del mundo sino que genera diferentes lenguajes para describirlo en mapas de la realidad complementarios y alternativos.

## **¿Hic sunt leones? El poroso mapa de la realidad**

Con la expansión de los resultados de Goedel en los años 80 se demostró que aun teniendo en cuenta la indecibilidad de determinados tipos de enunciados, para cualquier sistema formal hay un tipo de enunciados que son verdad, pero para los cuales no hay un número contable de pasos y delimitado que construya un camino a partir de los probados. Y que el número de estas verdades imposibles de probar supera ampliamente los enunciados en los otros tipos de enunciados a los que es posible acceder desde un determinado sistema formal.

Una vez más estos resultados remodelan nuestra comprensión de la realidad. No tan solo las decisiones que tomamos sobre qué lenguaje utilizar da lugar a microscopios y telescopios, herramientas para explorar, o interpretar y entender el mundo que nos dirige en diferentes direcciones. Independientemente de la dirección, solo estamos obligados a conseguir una tajada de la realidad que es más extensa de lo que podamos abarcar en cualquier momento. ¿Cuáles son los límites de estos mapas de la realidad que podemos trazar con nuestras matemáticas y nuestra ciencia? ¿Funcionan los trucos de incorporar enunciados indecidibles e incluir el hecho de que nuestros sistemas formales hagan lo mismo al unísono con una serie escogida de verdades imposibles de probar? ¿cómo deberá evolucionar la ciencia para enfrentarse a estos reinos, enormes franjas de realidad, que en determinado momento podríamos pensar que estamos fuera de su alcance? ¿Qué aspecto tendrá esta nueva realidad, este mundo que diseñamos a través de nuestra continua exploración? Especular sobre esto a estas alturas puede ser inútil ya que le corresponderá a la civilización híbrida humanos-IGA continuar la aventura.