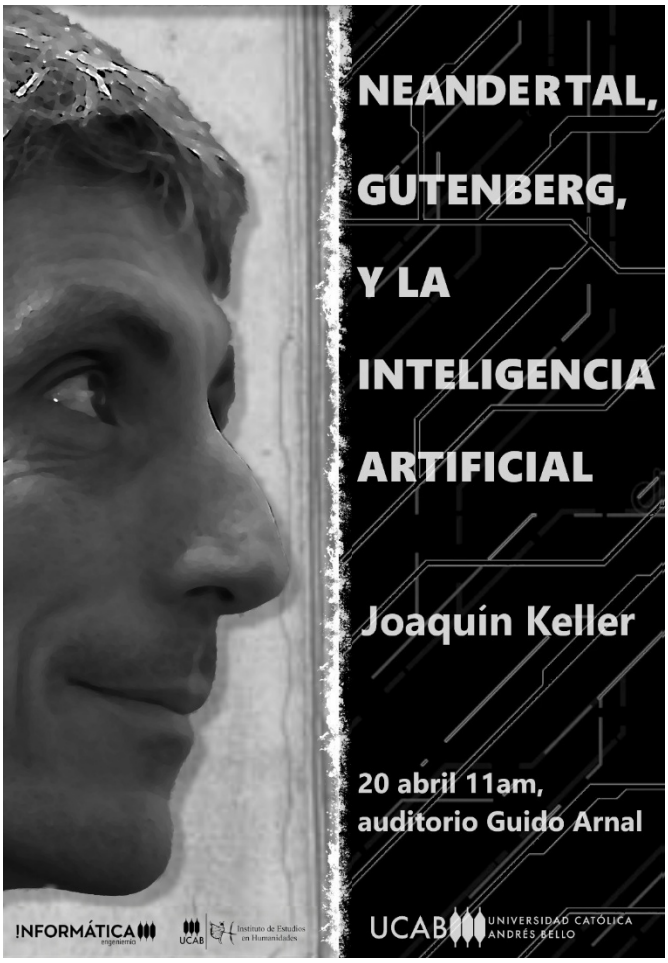
Fecha de recepción: 07/05/2026
Fecha de aceptación: 12/ 06/2026
Pp. 432– Pp. 470

Comunicación.

Neandertal, Gutenberg y la inteligencia artificial. Las revoluciones cognitivas de la humanidad. *

Joaquín Keller González
Orange Labs. (Francia)
joaquin.keller@orange.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2181-4640



* Transcripción editada con las láminas de mi charla del 20 de abril 2026, bajo la coordinación de la Escuela de Informática y el Instituto de Estudios en Humanidades. Lugar Auditorio Guido Arnal de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

ISSN:2790-5144 (En línea)
ISSN: 1316-693X (Impresa)
ISSN-L: 1316-693X

JOAQUÍN KELLER GONZÁLEZ

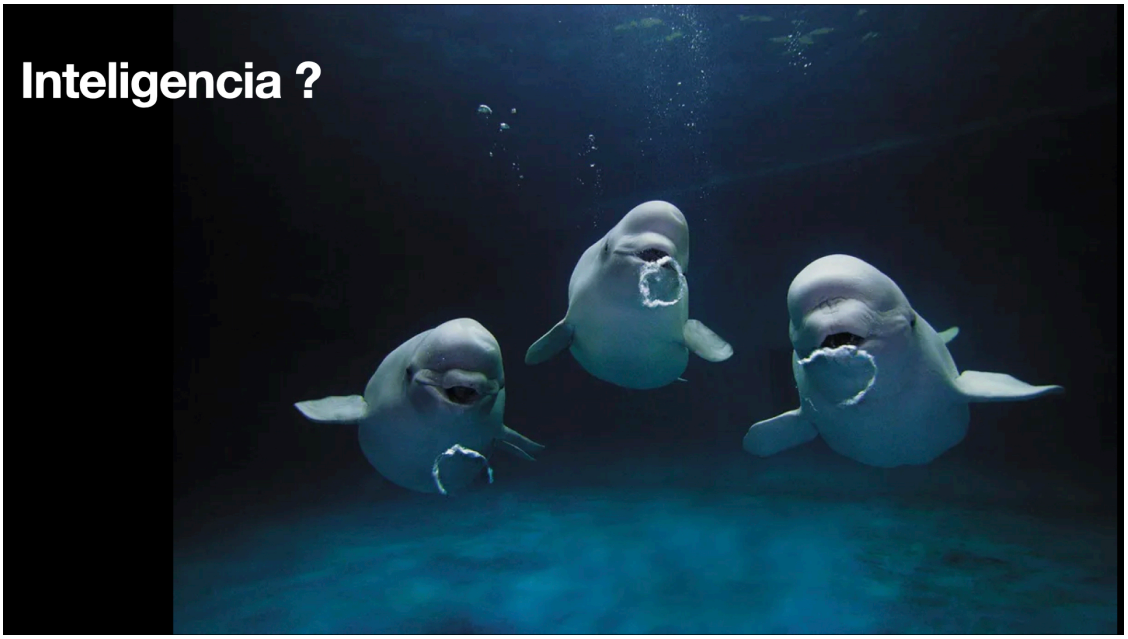


Buenos días. Una de las preguntas que todos nos hacemos sobre la humanidad es: ¿qué hace que los seres humanos seamos tan especiales?

¿Especiales en qué sentido? En el sentido del éxito que hemos tenido en este planeta. Somos miles de millones de humanos y, si incluimos el ganado y a nuestros animales domésticos, nuestra presencia es todavía mayor. Nuestro éxito reproductivo, comparado con el de los otros mamíferos y animales, es arrasante. Hemos ocupado prácticamente todo el planeta y todos los ecosistemas: estamos en el Polo Norte, en los desiertos australianos y en muchos otros ambientes extremos. Además, ese éxito no es reciente: la extensa presencia humana en todo el planeta tiene más de 50.000 años.

Para ser más precisos, la pregunta que queremos explorar aquí es: ¿cuál es la diferencia entre nosotros y los demás animales que explica ese éxito?

ISSN:2790-5144 (En línea)
ISSN: 1316-693X (Impresa)
ISSN-L: 1316-693X



La primera respuesta que suele aparecer es la inteligencia. Pensamos: la diferencia es que los humanos somos inteligentes, mucho más inteligentes que los demás animales.

Pero conviene matizar esa idea. Colectivamente, somos muy inteligentes, y tenemos personas como Einstein. Sin embargo, no todo el mundo es Einstein, y Einstein no sabía de poesía ni de casi nada aparte de su área de estudio, y, más importante, estaba de pie sobre los hombros de gigantes; su inteligencia dependía de la de toda la humanidad. La inteligencia humana es una inteligencia colectiva.

Individualmente, no somos necesariamente muchísimo más inteligentes que otros animales. Pensemos, por ejemplo, en estos mamíferos marinos, las belugas, que juegan haciendo anillos de burbujas. También los chimpancés, los elefantes y muchos otros animales muestran formas complejas de inteligencia. Sin embargo, esos animales no han tenido nuestro mismo éxito; muchos, de hecho, están en peligro de extinción.

Por eso, la inteligencia por sí sola no parece suficiente para explicar nuestro éxito. Tenemos más inteligencia que otros animales, sí, pero esa diferencia no basta para explicar una expansión tan grande.



Otra idea que puede explicar mejor lo que nos diferencia es que somos seres de cultura. Como los demás animales, tenemos genes, pero además transmitimos una enorme cantidad de información cultural.

Por ejemplo, si los pueblos Inuit pueden sobrevivir en el extremo norte, es porque poseen cultura. Un explorador europeo del siglo XIX no podía llegar allí y sobrevivir de inmediato. Muchos murieron, no porque no tuvieran los genes adecuados, sino porque no tenían los conocimientos necesarios: cómo construir un iglú, cómo cazar, cómo protegerse del frío. Al aprender esas prácticas de quienes ya vivían allí, podían adaptarse. La cultura nos permite sobrevivir en ambientes muy distintos.

Sin embargo, la cultura tampoco lo explica todo. Los neandertales también tenían cultura: hay indicios de prácticas simbólicas, enterramientos y probablemente formas importantes de comunicación. Aun así, desaparecieron.



Entonces, ¿qué tienen los humanos modernos que les permitió sobrevivir y expandirse? Ese es el éxito del que hablo: una sala completa llena de personas conversando. No vemos chimpancés llenando salas de esa manera. Los humanos son capaces de colaborar a una escala que solo se encuentra en los insectos sociales. Y eso tiene una consecuencia:



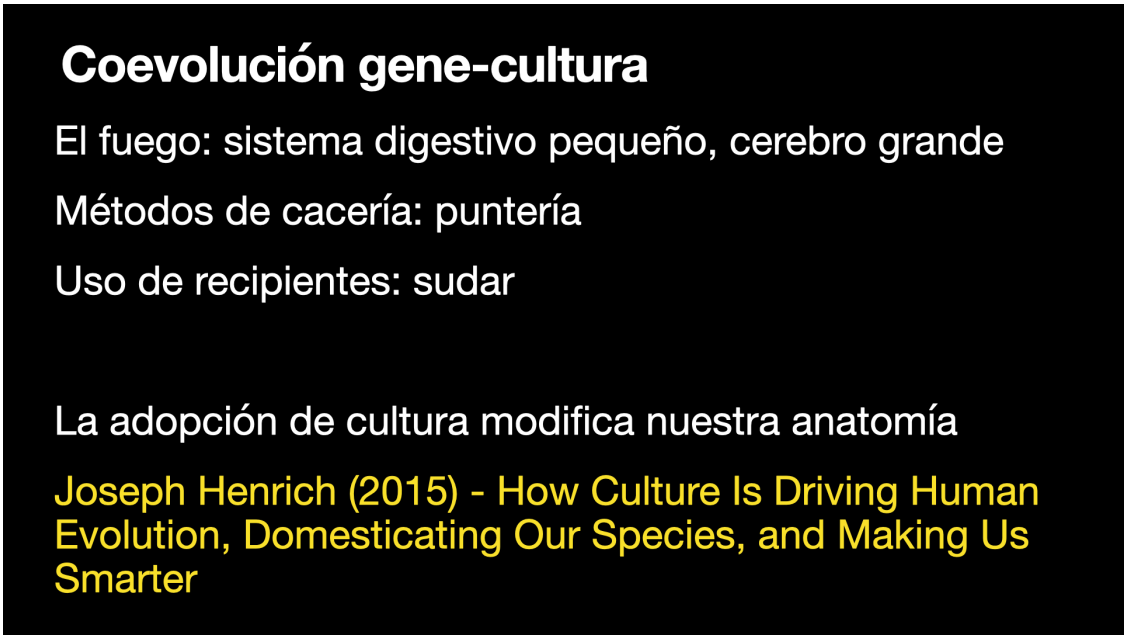
La tecnología. Los *Homo sapiens* desarrollaron tecnología acumulativa. Los neandertales también eran humanos y también tenían herramientas, pero nuestra línea desarrolló una capacidad tecnológica acumulativa a una escala diferente.

¿Qué es la tecnología? No son solo herramientas, porque muchos animales usan herramientas. Es la acumulación de herramientas y conocimientos que permiten producir otras herramientas, que a su vez permiten producir otras más. Esa acumulación procede de una historia.

Por ejemplo, primero está el fuego. Luego aparece la arcilla, que se puede moldear y cocer en el fuego para obtener cerámica. Con ciertos recipientes y hornos se pueden fundir metales. Con los metales se hacen herramientas nuevas, y esas herramientas permiten fabricar otras cosas.

Si hoy quisiéramos fabricar una tostadora desde cero, solos en la selva, sería prácticamente imposible. No es solo un objeto: es el resultado de una larga cadena de conocimientos, materiales, herramientas e instituciones acumuladas.

Lo que vamos a tratar de ver es cómo llegamos a eso: cómo pasamos del fuego y las primeras herramientas a un cohete que viaja al espacio. ¿Cuál es el camino que nos lleva hasta allí?



Un elemento importante para entender ese camino es la coevolución gen-cultura. Es decir, la cultura influye en los genes, y los genes también influyen en la cultura. Lo menos evidente, quizá, es la influencia de la cultura sobre los genes.

Uno de los primeros ejemplos es el fuego. Los humanos, o más precisamente los protohumanos, utilizan el fuego desde hace más de un millón de años, según la evidencia arqueológica disponible.

ISSN:2790-5144 (En línea)
ISSN: 1316-693X (Impresa)
ISSN-L: 1316-693X

El fuego cambió las condiciones de supervivencia. Antes de su uso regular, un individuo con dientes pequeños, un sistema digestivo reducido y un cerebro grande habría tenido dificultades para sobrevivir. Pero cuando un grupo adopta el fuego como práctica cultural, aprende a usarlo, a mantenerlo y a volver a encenderlo, el cuerpo puede cambiar.

Nosotros somos resultado de ese proceso. Tenemos dientes relativamente pequeños, un sistema digestivo relativamente pequeño y un cerebro grande. Sin alimentos cocidos, nos resultaría muy difícil obtener suficiente energía, sobre todo durante el crecimiento infantil. El fuego hizo posible ese cambio y contribuyó al crecimiento del cerebro.

El fuego también favoreció más cultura. Alrededor del fuego la gente se reúne, conversa y prolonga el tiempo social durante la noche. Un tiempo que antes podía estar dedicado al descanso se transforma en tiempo de comunicación. Eso intensifica las relaciones sociales y puede favorecer un cerebro aún más grande. Aquí tenemos un ejemplo claro de coevolución entre cultura y biología.

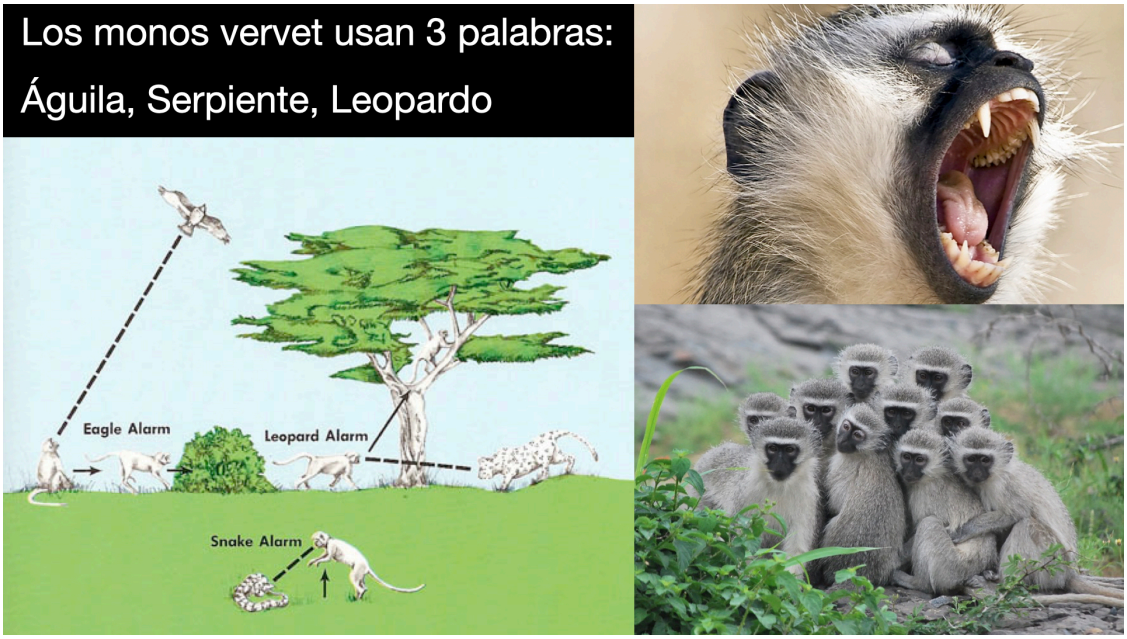
Hay otros ejemplos, como la puntería. Al adoptar una forma de caza basada en lanzar proyectiles, quienes tenían mejor coordinación visual y motora podían cazar mejor y alimentar mejor a su familia. Eso aumentaba su éxito reproductivo. Con el tiempo, esa práctica cultural favoreció capacidades corporales relacionadas con la puntería.

Los proyectiles también se hicieron cada vez más sofisticados: probablemente primero piedras; luego lanzas, flechas y otros instrumentos. Una práctica cultural generó presiones evolutivas y, al mismo tiempo, abrió el camino a nuevas tecnologías.

Otro ejemplo es la sudoración. Muy pocos animales sudan como nosotros. Sudar implica perder agua, y eso puede ser peligroso. Pero los humanos convertiron esa desventaja en una ventaja al utilizar recipientes para transportar agua: una cáscara de huevo de avestruz, una tapara o cualquier otro contenedor.

Con recipientes, sudar se vuelve una ventaja: permite enfriar el cuerpo y correr durante mucho tiempo. Los humanos somos capaces de recorrer distancias muy largas, incluso maratones. Esa resistencia permite cazar por persistencia, siguiendo a un animal hasta agotarlo, y también para huir de ciertos peligros.

Así, la sudoración se vuelve ventajosa a partir de una innovación cultural: el recipiente portátil de agua. La cultura empuja la evolución biológica, y el fuego en particular empuja el desarrollo de un cerebro más grande.

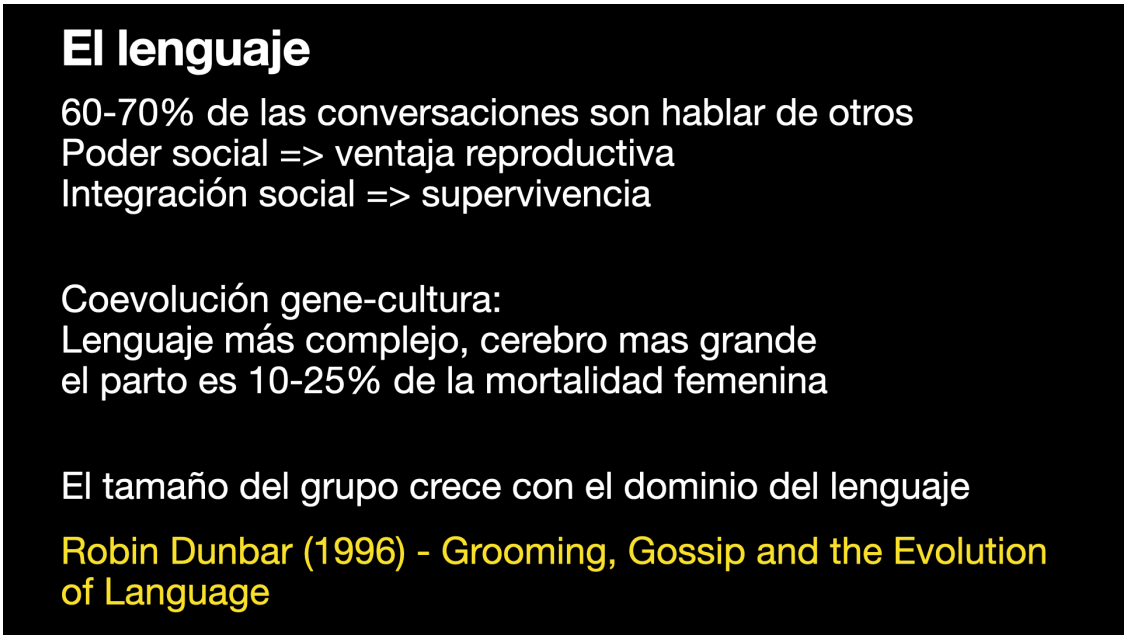


Ahora llegamos al tema que más nos interesa: el lenguaje.

El lenguaje no aparece únicamente en los humanos. Hay aves y otros animales con sistemas de comunicación complejos. Aquí tenemos el ejemplo de unos monos en los que se han identificado al menos tres llamadas distintas: una para águila, una para serpiente y otra para leopardo.

Cuando se reproduce la llamada de serpiente, los individuos se ponen de pie y miran al suelo. Si se reproduce la llamada de águila, miran al cielo y se esconden bajo la vegetación. Si oyen la llamada de leopardo, suben a los árboles y miran alrededor. Eso indica que reconocen un vocabulario mínimo.

En ese contexto, el lenguaje ofrece una ventaja clara: permite escapar colectivamente de los depredadores.



En los humanos, sin embargo, el lenguaje tomó otro camino.

Robin Dunbar propuso una hipótesis muy influyente sobre el origen social del lenguaje. Al colectar conversaciones en contextos muy distintos, desde grupos de cazadores-recolectores hasta reuniones de empresas, se observó que una gran parte de nuestras conversaciones consiste en hablar de otras personas.

No se trata solo de chisme, aunque también puede incluirlo. Cuando la gente conversa con colegas, familiares o amigos, suele decir: "él me dijo esto", "yo le respondí aquello", "ella piensa tal cosa". El lenguaje humano es especialmente eficaz para hablar de relaciones sociales.

Nuestra gramática permite, por ejemplo, construir frases como: "yo pienso que él cree que ella no sabe". Podemos manejar varios niveles de recursividad: lo que una persona cree que otra piensa que una tercera desea, y así sucesivamente. Para otros tipos de razonamiento, como ciertas formas de lógica abstracta, el lenguaje cotidiano no siempre es tan potente. Pero para hablar de relaciones humanas, tiene una riqueza enorme.

Según Dunbar, el lenguaje cumple un papel social parecido al grooming de los chimpancés. Los chimpancés crean alianzas y amistades limpiándose la piel y quitándose parásitos. Después, esos individuos tienden a compartir comida o apoyarse en momentos difíciles. En los humanos, la conversación cumple una función parecida: crea vínculos, alianzas y confianza.

El lenguaje, entonces, ofrece poder social. Quien lo usa mejor puede tener más aliados, más amigos y más influencia, lo que se traduce en una ventaja reproductiva.

Por la ventaja reproductiva que ofrecía, el lenguaje pudo crecer y volverse cada vez más complejo. Al comienzo no había tanta tecnología ni tantos conocimientos técnicos que aprender; no hacía falta un cerebro enorme solo para eso. Pero para manejar relaciones sociales complejas, sí había una presión constante hacía más lenguaje y más capacidad cognitiva. Aquí tenemos el ejemplo más impactante de la coevolución gen-cultura. El lenguaje, un fenómeno cultural, favorece e impulsa el desarrollo de un cerebro más grande.

Algo parecido ocurre con la cola del pavo real: crece porque ofrece una ventaja reproductiva. La cola del pavo real crece hasta un tamaño que pone en peligro la supervivencia del animal. La ventaja reproductiva es compensada exactamente por una desventaja de supervivencia. El cerebro humano llegó a un tamaño límite. Antes de la medicina moderna, el parto era una causa importante de muerte materna, entre otras razones por el tamaño de la cabeza de los bebés humanos.

El desarrollo del lenguaje llevó el tamaño del cerebro hasta un punto de gran desventaja de supervivencia, compensado por una gran ventaja reproductiva.

Y eso tuvo otra consecuencia: un lenguaje más desarrollado permite grupos sociales más grandes. Los chimpancés suelen vivir en grupos pequeños, de unas decenas de individuos, aunque puedan formar alianzas mayores. Los humanos, en cambio, pueden formar grupos mucho más amplios, e incluso alianzas de millones de personas. En la prehistoria profunda no había tantos millones de humanos, pero la tendencia ya estaba allí.

ISSN:2790-5144 (En línea)
ISSN: 1316-693X (Impresa)
ISSN-L: 1316-693X



Ahí aparece la primera revolución cognitiva: el inicio de la humanidad moderna, o de lo que podríamos llamar Homo sapiens moderno. Con un lenguaje más sofisticado surgen innovaciones culturales que permiten grupos más grandes: clanes, relatos compartidos, religiones, normas y formas de identidad colectiva.

Yuval Harari desarrolla esta idea en *Sapiens*: las historias compartidas permiten que grupos numerosos colaboren. Esa colaboración produce inteligencia colectiva.

Cuando los grupos crecen, la cultura puede acumularse. Pensemos en un grupo de 15 personas en el que solo una persona sabe hacer una cesta especial para pescar. Si esa persona muere antes de transmitir el conocimiento, la técnica se pierde. En un grupo más grande, tres o cuatro personas dominan la técnica; es mucho menos probable que desaparezca.

Así comienza la acumulación cultural y tecnológica. La cultura crece, permite mayor inteligencia colectiva y conecta no solo a una tribu, sino también a varias tribus mediante intercambios, alianzas y comercio.

También se ha observado lo contrario: cuando los grupos humanos quedan demasiado aislados o se vuelven muy pequeños, suelen perder tecnología. Un ejemplo clásico es Tasmania, que quedó separada de Australia y perdió parte de su repertorio tecnológico.

Entre aproximadamente 70.000 y 50.000 años atrás, los Homo sapiens se expanden por todo el planeta. Llegan a Australia y ocupan nuevos territorios. En muchos lugares había otros grupos humanos, como los neandertales y quizá otros sapiens. Los grupos que llegan con innovaciones culturales y mayor inteligencia colectiva terminan desplazando o absorbiendo a esos otros humanos en un tiempo relativamente corto.

A América no llegan de inmediato, porque durante la época glacial las masas de hielo del norte dificultaban la entrada. Pero, con el tiempo, los humanos terminan ocupando prácticamente todo el planeta.

Uno de los últimos grandes territorios poblados por Homo sapiens fue Madagascar.



Ahora podemos pasar a revoluciones más documentadas, porque entramos en períodos con historia escrita.

La segunda revolución cognitiva es la escritura. ¿Cómo empieza la escritura? Primero aparece la agricultura. La agricultura genera excedentes de alimentos, y esos excedentes permiten la aparición de élites, impuestos y formas de administración.

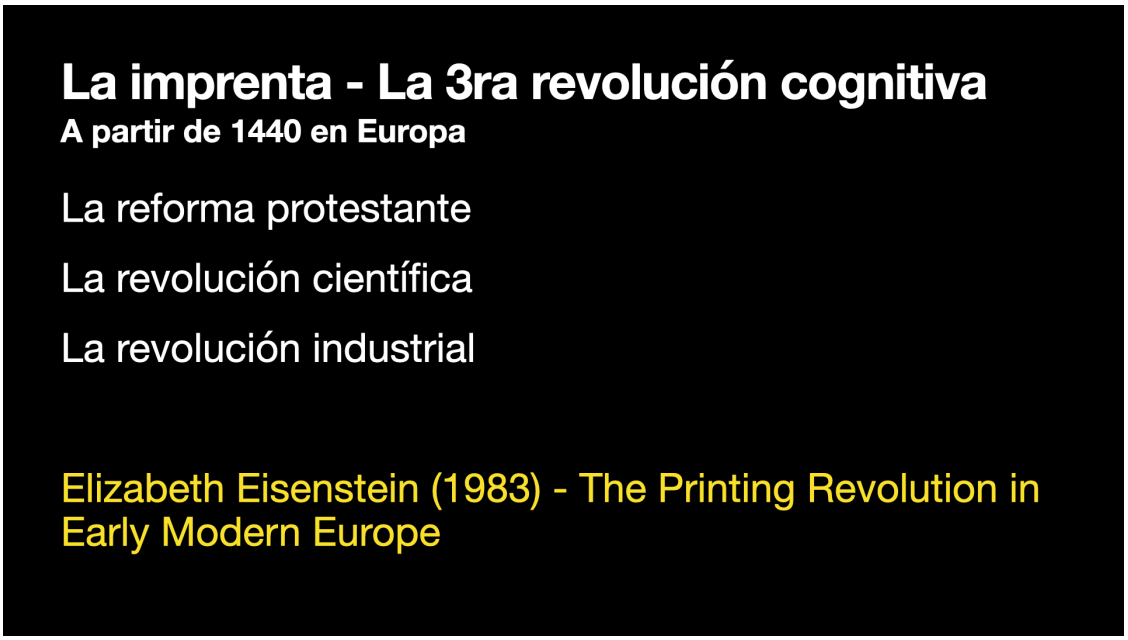
Los impuestos crean una necesidad de contabilidad. De esa necesidad surgen los primeros sistemas de escritura. La escritura cuneiforme, en Mesopotamia, en el actual Irak, empezó hace unos 5.500 años ligada a la contabilidad.

La escritura permite la creación de ciudades y administraciones complejas. Puede haber excepciones parciales, como el caso de los incas y el quipu, un sistema de nudos usado sobre todo para registrar información contable. Todavía se discute cuánto contenido

lingüístico podía codificar. En cualquier caso, muestra que la administración de grandes sociedades requiere sistemas externos de memoria.

La escritura empieza con la contabilidad, pero pronto se amplía: se escriben leyes, relatos, mitos, ficción, ciencia y textos religiosos. De allí nacen las civilizaciones: grupos humanos más grandes, con más memoria colectiva, más acumulación cultural y más capacidad de cooperación y coordinación.

Por eso la escritura es una revolución cognitiva. Permite que la información sobreviva a las personas, circule más lejos y se acumule durante generaciones.



La siguiente revolución cognitiva es la imprenta, asociada en Europa a Gutenberg.

Aparece a mediados del siglo XV, más o menos en la época en que Cristóbal Colón llega a América, y produce cambios profundos en Europa, especialmente en la religión. La Reforma

protestante es importante para entender la historia de la imprenta, porque al comienzo una gran parte de los libros impresos fueron Biblias y textos religiosos.

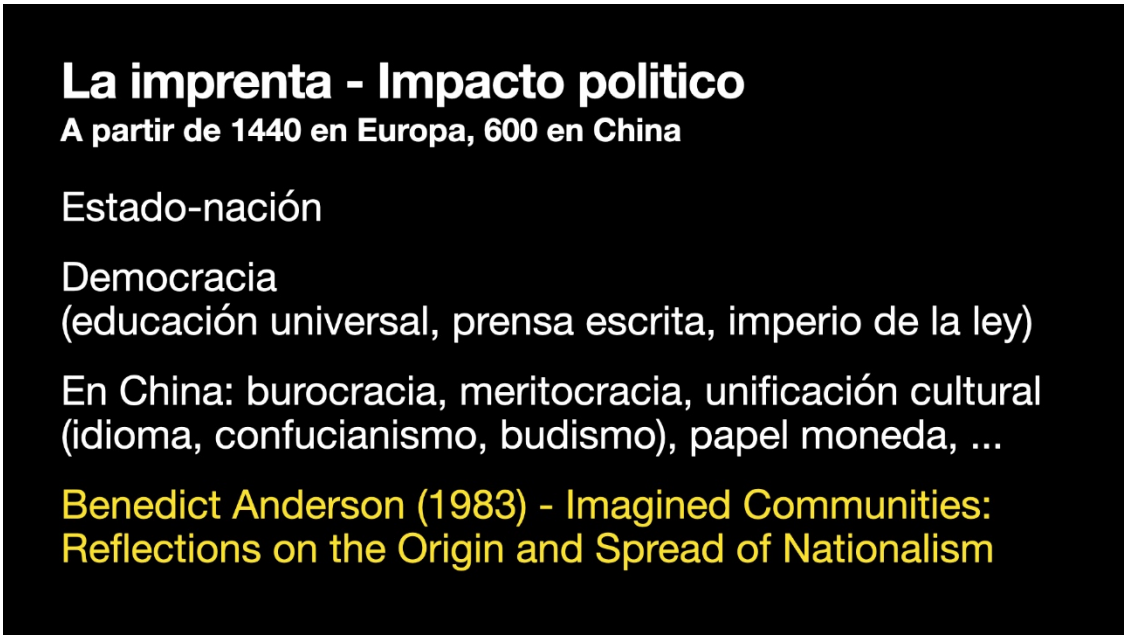
Antes de la imprenta, los libros eran escasos y carísimos. Producir uno podía requerir años de trabajo de copistas. En el catolicismo, la lectura de la Biblia estaba mediada sobre todo por los sacerdotes, porque muy pocas personas tenían acceso directo a los textos.

Con la imprenta, la Biblia se multiplica. Surgen movimientos que defienden que cada persona debe leerla por sí misma. Ese movimiento también es político: circulan panfletos, debates y críticas a la autoridad religiosa. Durante las primeras décadas de la imprenta, una parte muy importante de lo impreso tiene que ver con la Reforma protestante.

Después se imprimen muchos otros textos: obras antiguas, textos transmitidos por el mundo árabe, tratados científicos, manuales, literatura y libros de todo tipo. La imprenta se convierte en un negocio y transforma la economía del conocimiento.

En cierto sentido, los libros fueron de los primeros objetos producidos en serie. Antes de que nos acostumbráramos a los objetos idénticos fabricados industrialmente, ya existían libros impresos en múltiples copias casi iguales. Allí nace una parte importante del capitalismo industrial.

La imprenta impulsa la revolución científica, y de la revolución científica surge la revolución industrial. Eso produce un aumento enorme de riqueza, población y capacidad técnica. De manera parecida a la primera revolución cognitiva y a la revolución agrícola, la imprenta inaugura una nueva expansión.



La imprenta también tiene un impacto político enorme. Contribuye al nacimiento del Estado-nación y a la estandarización de los idiomas nacionales.

Antes, la gente culta leía sobre todo en latín o en griego. La élite intelectual compartía esos idiomas. Con la imprenta, lenguas como el francés, el inglés y otras lenguas vernáculas ganan espacio. Poco a poco se forma la idea de un territorio asociado a un idioma y a una nación.

El nacionalismo es, en buena parte, una invención moderna vinculada a la imprenta. Benedict Anderson lo explica muy bien en su libro sobre las comunidades imaginadas. Antes, las fronteras se movían con frecuencia; había guerras, reinos, ducados y alianzas cambiantes. El Estado-nación moderno se construye gradualmente. Italia y Alemania, por ejemplo, se unifican en el siglo XIX. En América, muchos países nacen también en el siglo XIX, y en África varios Estados actuales surgen en el siglo XX.

La imprenta también favorece la democracia. Hace posible la educación universal, la prensa, el debate público y la difusión de la ley. Antes, la ley no podía aplicarse de la misma manera porque los textos legales eran difíciles de reproducir y circular. Con la imprenta, la ley puede escribirse, publicarse y consultarse.

Ese cambio transforma la relación con el poder. Caen monarquías, crecen los parlamentos, aparece la prensa como contrapoder y se fortalecen formas modernas de ciudadanía.

En China la imprenta aparece antes, alrededor del siglo VII, y también tiene efectos importantes. Ayuda a la unificación cultural del imperio y al desarrollo de una burocracia meritocrática basada en exámenes. Los mandarines debían saber leer y escribir.

Muchas innovaciones que luego alimentan la revolución científica e industrial tienen antecedentes chinos: la pólvora, la propia imprenta y otros avances. Pero en China la imprenta estuvo más controlada por el poder central. En Europa, en cambio, la fragmentación política permitió que los impresores se movieran entre territorios. Si una autoridad prohibía ciertas publicaciones, los pensadores podían trasladarse a otro lugar. Esa dinámica de competencia y contrapoder favoreció una explosión cultural distinta.



Sigamos el camino de la información. En el siglo XIX aparece el telégrafo.

Ocurren muchas cosas en ese siglo, pero quiero destacar el telégrafo porque a finales del siglo XIX ya existe una red telegráfica que conecta gran parte del planeta. Un mensaje podía viajar de América a Australia en un tiempo relativamente corto. A veces tomaba días, porque había retransmisiones humanas, pero seguía siendo una velocidad inédita.

Esa es una primera mundialización de la comunicación. Hoy los cables son de fibra óptica; antes eran cables submarinos de cobre tendidos por barcos de vela. Pero la lógica de una red planetaria de información empieza allí. En cierto sentido, Internet tiene un antepasado directo en el telégrafo.

A la izquierda se ve un primer teclado para enviar mensajes a distancia. En lugar de usar código Morse, se podían escribir letras directamente. Como referencia se tomó algo parecido a un piano. Ese dispositivo es un antepasado del teletipo, el mismo tipo de interfaz

que luego se usó en computadoras. Incluso la terminal de Linux conserva algo de esa herencia conceptual.

Con el telégrafo aparece una red de información a distancia, y con ella comienza también la historia moderna de la computación.



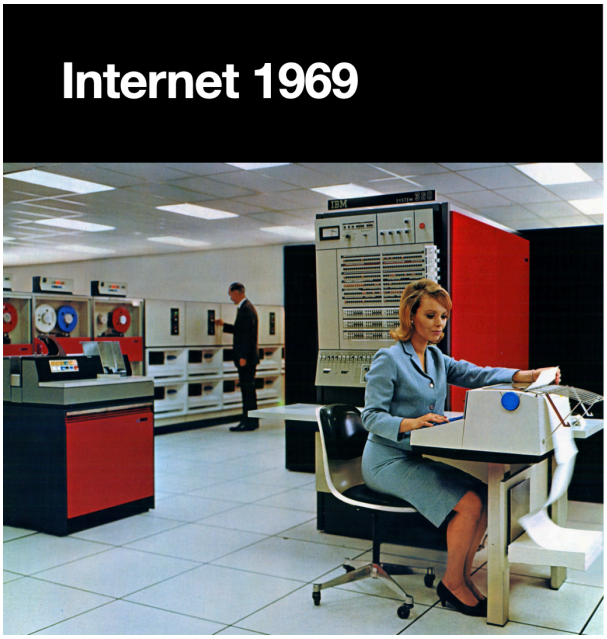
En aquella época, una "computadora" era una persona. En inglés, *computer* designaba a alguien que realizaba cálculos. En su mayoría eran mujeres, aunque en la imagen también se ven hombres. Esta sala dice *Computing Division*: era un departamento de computación a principios del siglo XX.

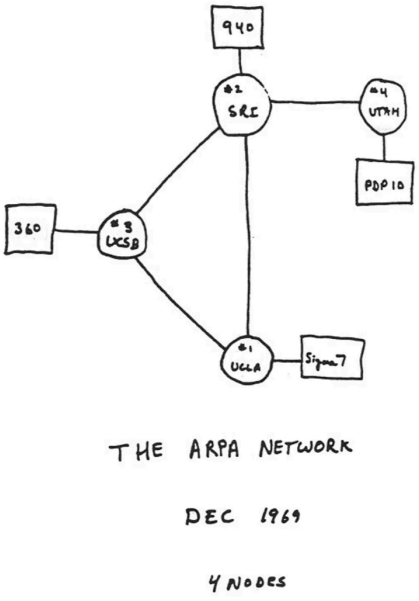
Grandes empresas, gobiernos, bancos y universidades tenían salas así para procesar datos. Antes de que existieran las computadoras modernas, la computación ya existía con humanos asistidos por máquinas.



En los años cuarenta aparece la primera computadora electrónica: el ENIAC. Era enorme, lenta en comparación con lo que vino después y no siempre funcionaba de manera estable. Aun así, marcó un cambio decisivo.

Las computadoras humanas no desaparecieron de inmediato. En empresas y universidades siguieron existiendo hasta los años sesenta. Durante un tiempo, cuando alguien decía *computer* en inglés, todavía podía referirse a una persona. Solo más tarde la palabra pasó a significar casi exclusivamente una máquina.



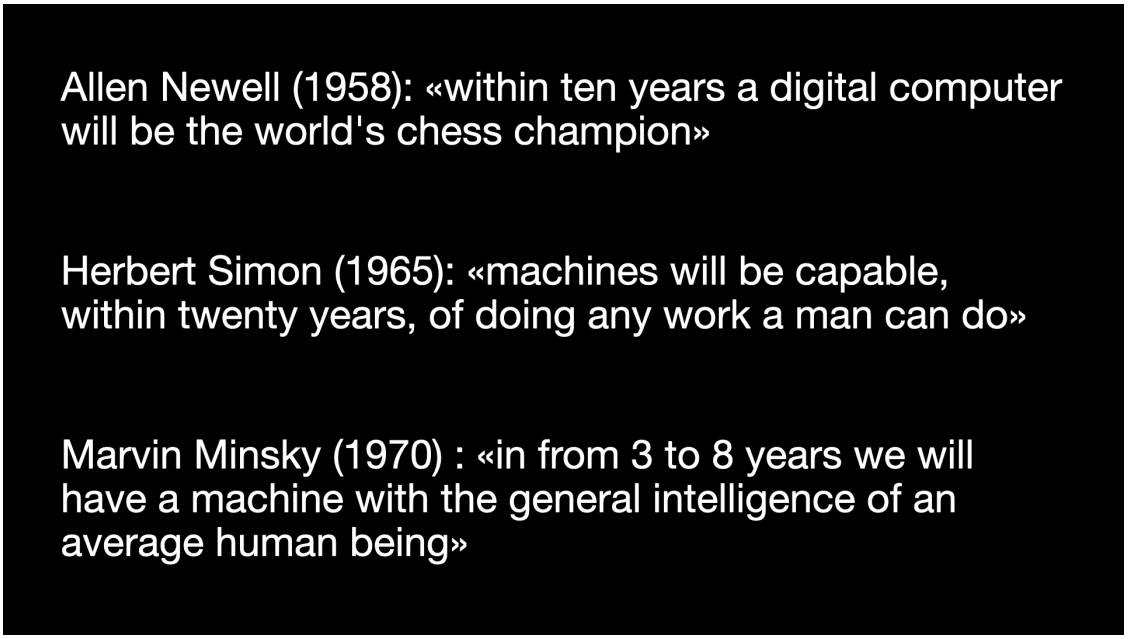


A partir de allí, la historia se acelera. En 1969 aparece ARPANET, el antecedente directo de Internet. Al comienzo conecta solo cuatro computadoras, tres en California y una en un estado vecino. Esta imagen muestra una IBM System/360 de esa época. El aparato visible no es toda la computadora, sino el teclado o terminal: un teletipo, el piano con letras. Todavía no había pantalla; el texto se imprimía a medida que la computadora respondía. La computadora en sí podía ocupar una sala entera.



Diez años después aparecen las computadoras personales. La gente empieza a tener computadoras en casa, algo que poco antes parecía imposible. Aquí está el Apple II, de alrededor de 1980. Yo tuve uno así en Caracas, exactamente ese modelo.

Treinta años antes, las computadoras electrónicas prácticamente no existían. Y hoy llevamos en el bolsillo una computadora conectada a Internet.



El iPhone tiene ya casi veinte años. No incluí toda la historia de la computación, la web y las demás innovaciones, pero se ve claramente que el ritmo del cambio es muy rápido.

La inteligencia artificial también tiene una historia larga. Ya en los años cuarenta, personas como John von Neumann y Alan Turing empezaban a pensar en máquinas capaces de comportamientos inteligentes. En los años cincuenta, John McCarthy y otros investigadores formalizan el campo de la inteligencia artificial.

En 1958, un investigador afirmó que en diez años una computadora digital sería campeona de ajedrez. Hay dos cosas interesantes en esa frase. Primero, no dice simplemente "computadora", sino "computadora digital", porque todavía existía la computadora humana. Segundo, se equivocó en el plazo, pero no en la dirección. No fueron diez años, sino unos cuarenta: Deep Blue derrotó a Kasparov en 1997.

ISSN:2790-5144 (En línea)
ISSN: 1316-693X (Impresa)
ISSN-L: 1316-693X

En los años sesenta y setenta, otros investigadores importantes afirmaron que en unas décadas una máquina podría hacer cualquier trabajo humano. Marvin Minsky llegó a decir que en tres a ocho años tendríamos una máquina con inteligencia general humana. Eso no ocurrió en esos plazos.

Cuando hablamos de inteligencia artificial, siempre aparece una comparación con los humanos. El tema no tiene que ver solo con las máquinas; también tiene que ver con cómo nos definimos a nosotros mismos.



Hay algo extraño en esa comparación. Los aviones se inspiraron en las aves, pero no decimos que un avión vuela tan bien como un alcatraz. En cambio, cuando hablamos de inteligencia artificial, la comparamos constantemente con los humanos, como si la inteligencia humana fuera la medida de toda inteligencia.

Pero existen muchos tipos de inteligencia. Las ardillas, por ejemplo, esconden miles de nueces durante el verano y recuerdan dónde están en invierno. Ningún humano puede recordar con esa precisión la ubicación de diez mil objetos. Nosotros perdemos tres cosas en la casa y ya no las encontramos.

Eso muestra que nuestra inteligencia no es general en todos los sentidos. Es especialmente social. Nos permite colaborar en grupos grandes, coordinar acciones, crear normas e imaginar instituciones.



Por eso, quizá no deberíamos hablar simplemente de inteligencia artificial, sino de inteligencia humana artificial. Llamamos inteligencia artificial a la capacidad de una máquina para hacer algo que hasta entonces considerábamos propiamente humano.

Durante mucho tiempo, jugar ajedrez pareció una actividad humana de alto nivel. Cuando Deep Blue derrotó a Kasparov en los años noventa, muchos periódicos sugirieron que cualquier trabajo parecido al ajedrez estaba en peligro. Parecía una señal enorme.

Pero después ocurrió algo curioso: como las computadoras se volvieron mucho mejores que los humanos en ajedrez, dejamos de considerar el ajedrez como una prueba central de inteligencia humana. Pasó a verse como inteligencia mecánica. Algo similar ocurrió con el cálculo de raíces cuadradas: antes era una tarea humana especializada; hoy nos parece natural que la haga una máquina.

Ahora las computadoras empiezan a igualarnos o superarnos en conversación, escritura y generación de texto. Por eso nos inquietamos. Nos preguntamos si esto es una tragedia o una transformación radical.

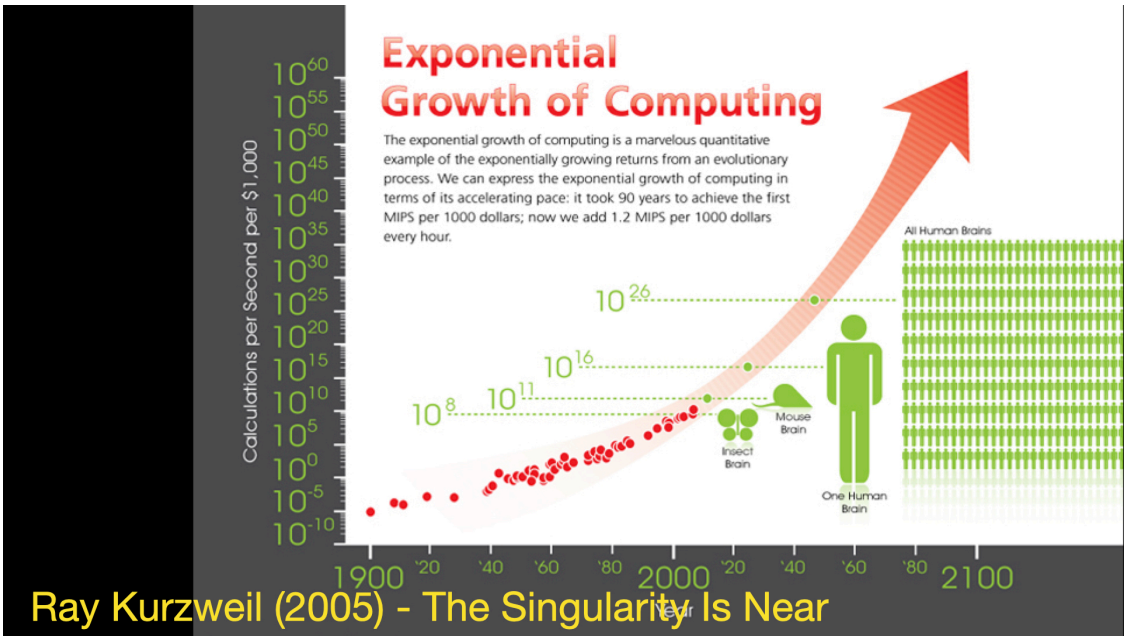
Pero tal vez ocurra lo mismo: si las máquinas conversan tan bien como nosotros, quizá dejemos de considerar la conversación como el núcleo de la inteligencia humana. Entonces moveremos la frontera y diremos que la verdadera inteligencia humana es otra cosa: recoger una mesa, fregar los platos, entender el cuerpo, moverse en el mundo o cuidar de otros.

Ese proceso se repite. Cuando una máquina alcanza una capacidad que considerábamos humana, tendemos a reclasificarla como mecánica.

Recordar caras es otro ejemplo. Hace poco era un gran problema de investigación en inteligencia artificial. Hoy desbloqueamos el teléfono con la cara, y los sistemas informáticos pueden reconocer millones de rostros en grandes bases de datos. Lo que antes parecía inteligencia artificial extraordinaria se vuelve una función cotidiana.

Así, la inteligencia artificial también tiene que ver con nosotros: con cómo nos definimos frente a los animales y ahora frente a las computadoras. Más técnicamente, es una

rama de la computación que intenta imitar o automatizar capacidades que asociamos con la inteligencia humana.



Hay otro factor todavía más fuerte: el crecimiento de la capacidad de cómputo.

Ustedes han oído hablar de la ley de Moore. Gordon Moore, fundador de Intel, observó en los años sesenta que cada uno o dos años se duplicaba aproximadamente la cantidad de transistores que podían colocarse en un área determinada. Eso aumentaba la potencia de cálculo de los chips.

Pero ese proceso físico tiene límites. Los transistores no pueden hacerse infinitamente pequeños; llega un momento en que se acercan al tamaño de los átomos. Entre 2010 y 2015, aproximadamente, la ley de Moore empezó a perder fuerza en su forma clásica.

Ray Kurzweil formuló la cuestión de otra manera: ¿cuánta capacidad de cómputo puedo comprar con mil dólares? Vista así, la tendencia sigue una curva aproximadamente exponencial. En una escala logarítmica, una línea recta indica crecimiento exponencial, y la gráfica muestra algo cercano a eso.

Kurzweil predijo que hacia 2029 podríamos comprar, por mil dólares, una capacidad de cómputo comparable a la de un cerebro humano. No estamos tan lejos de esa posibilidad. Claro, la capacidad de cómputo no es todo: también hace falta software y datos. Pero por el momento la mayoría de las predicciones tecnológicas de Kurzweil se han realizado en tiempo.

El crecimiento exponencial sorprende porque empieza lento y de repente es enorme. Si algo se duplica cada año, en diez años se multiplica por mil; en veinte años, por un millón. El conjunto de las computadoras de hoy tiene una capacidad de cómputo un millón de veces más grande que la que había hace 20 años. Pero como tenemos la sensación de que solo son un poquito más potentes, estamos sorprendidos por lo que pueden realizar.

Kurzweil también ha sugerido que en 2049, por mil dólares, podría comprarse una capacidad de cómputo comparable a la de todos los humanos reunidos. Eso ha llevado a la predicción de un evento llamado la Singularidad, una suerte de Apocalipsis que ocurriría en 2049. Claro, esto es más un sentimiento religioso que una predicción científica, pero el crecimiento exponencial, que no se ve muy bien por qué debería parar de repente, nos lleva ciertamente a ese nivel de capacidades de cómputo y a inevitables sorpresas.



Si la ley de Moore ya no basta para aumentar la potencia dentro de cada chip, ¿cómo sigue creciendo la capacidad total de cómputo? Con *datacenters*...

Dentro de un teléfono o una computadora vemos chips. Si miramos un centro de datos desde arriba, también encontramos patrones de conexión, circulación y repetición. Las computadoras ya no crecen solo porque el chip sea más potente; crecen porque se multiplican y ocupan espacios cada vez mayores. Las computadoras de hoy no se miden en centímetros, sino en kilómetros.

Esa expansión requiere energía. Los centros de datos consumen una cantidad creciente de electricidad para operar y para enfriarse. En algunas regiones, el consumo eléctrico asociado a los centros de datos ya es un asunto político y ambiental importante. Si la demanda sigue creciendo de manera exponencial, una parte cada vez mayor de la energía del planeta se destinará al cómputo.



No encontré una forma perfecta de representar la energía, pero esta imagen ayuda a imaginar la escala. Son tubos de enfriamiento de un centro de datos de Google. El tamaño de la infraestructura muestra que no hablamos solo de información inmaterial: hay calor, agua, electricidad y territorio.

El consumo energético tiene límites. En algunos lugares ya hay oposición a nuevos centros de datos porque calientan ríos (matando los peces), consumen demasiada agua o sobrecargan la red eléctrica. Hoy, el calentamiento producido por los datacenters es local, pero con un crecimiento exponencial pronto tendremos un problema de calentamiento global.

Recordemos la lógica exponencial: una multiplicación por mil en diez años, por un millón en veinte años. Tener millones de datacenters cubriendo y calentando el planeta no parece posible ni deseable. De ahí nace la pregunta: ¿dónde poner toda esa computación?



Así entramos en la siguiente etapa. Desde 2025 se empezó a hablar con más fuerza de computación espacial: centros de datos en el espacio.

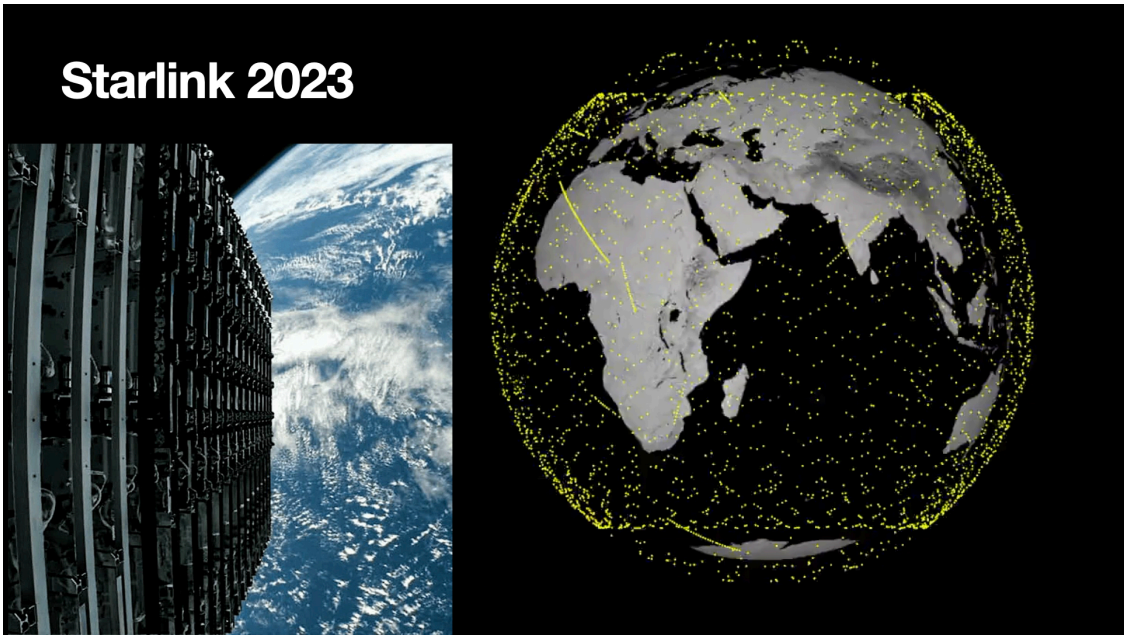
¿Por qué? Porque enviar objetos al espacio se ha vuelto mucho más barato. Aquí tenemos el cohete Starship de SpaceX, la compañía de Elon Musk. Parte de ese abaratamiento se debe a una capacidad de cómputo enorme, que permite que los cohetes regresen y aterricen. No solemos llamar a eso inteligencia artificial, porque no imita algo que un humano haga directamente; pero es cómputo realizando una tarea decisiva.

Google presentó el proyecto Suncatcher, un plan para explorar centros de datos orbitales compuestos por satélites conectados mediante láser. Si buscan “Google Suncatcher”, lo encontrarán. La empresa ha anunciado pruebas iniciales para los próximos años.

Google Suncatcher prevé lanzar su primer satélite en el 2027. Starcloud ha pedido una licencia para lanzar 88.000 satélites y ya ha lanzado el primero, el año pasado, en noviembre.

Blue Origin es la compañía de Jeff Bezos, el fundador de Amazon, y ha pedido un permiso para lanzar 51.000 satélites. El primer satélite lo lanza este año.

SpaceX, la compañía de Elon Musk que lanza cohetes, fusionó con xAI, otra compañía de Musk, competidora de OpenAI. SpaceX está ahora en el negocio de hacer datacenters en órbita. SpaceX pidió permiso para un millón de satélites, y se piensa que los primeros se van a lanzar en el 2028.



Todo eso suena a ciencia ficción, pero no lo es tanto. Starlink es hoy una constelación de 10.000 satélites. Hace pocos años parecía un proyecto de ciencia ficción. Y hoy se puede comprar una antena Starlink en la tienda Multimax de la esquina y por 30 dólares mensuales se tiene una conexión a internet satelital que funciona en los llanos, en la selva, …

Starlink está diseñado para comunicación, no para cómputo masivo. Pero, si cada satélite tuviera más capacidad de procesamiento, ya tendríamos la primera etapa de una infraestructura de cómputo orbital.

Si me preguntan cuál puede ser el futuro de la computación, yo diría que una parte importante va por allí. Tal vez no ocurra en diez años; quizá sean veinte o más, como pasó con la predicción sobre el ajedrez. Pero la dirección parece clara.

En el espacio, los límites son diferentes. Hay energía solar abundante y espacio físico en cantidades enormes. Aun así, con el crecimiento exponencial actual el sistema solar estaría saturado de computadoras en pocos siglos. Se puede imaginar que, más tarde en este siglo, se fabrique infraestructura espacial con materiales de la Luna o de asteroides. Si eso ocurriera, se abriría la posibilidad de que la capacidad de cómputo se multiplicara hasta llenar el sistema solar.

Visto así, la inteligencia artificial conversacional es solo una parte de un proceso mayor. La verdadera fuerza de fondo es el crecimiento acelerado de la capacidad computacional global.



En conclusión, estamos en medio de una cuarta revolución cognitiva. La llamé la revolución de la información mágica porque estamos sumergidos dentro de esa revolución y no tenemos la distancia histórica para interpretarla. Por eso es difícil entender y nombrar lo que está pasando.

En el siglo XIX aparecen el telégrafo, la fotografía, el gramófono, el cine, el teléfono y las calculadoras electromecánicas. En el siglo XX aparecen las computadoras electrónicas, Internet, la inteligencia artificial, las computadoras personales, los satélites de telecomunicación y las computadoras de bolsillo. Y el proceso no se detiene.

Entonces, ¿cuál es el futuro? Algunas personas temen que los humanos desaparezcan o sean reemplazados por máquinas.

Por eso puse aquí la idea de la obsolescencia del *wetware*. Es un concepto algo humorístico: tenemos el *software*, el *hardware* y el *wetware*, el material húmedo. Nosotros somos el material húmedo de la inteligencia.

Yo no creo que los humanos simplemente desaparezcan. Creo que encontraremos un lugar donde seguir existiendo, aunque la parte humana puede volverse proporcionalmente más pequeña frente a la expansión de las máquinas, sobre todo si la computación se extiende por el sistema solar.

Otra hipótesis es la del cíborg, o del cíborg colectivo. Es la idea de que nos integramos cada vez más con las máquinas. Eso ya ocurre. Antes, para acceder a una computadora, había que desplazarse hasta donde estaba la máquina. Luego la computadora llegó a la casa. Después pasó al bolsillo. Ahora aparecen lentes conectados, relojes inteligentes e incluso implantes.

La integración con la computadora se vuelve cada vez más estrecha y se acelera. Habrá personas que resistan ese proceso, por supuesto, pero una parte importante de la humanidad entrará en esa relación cada vez más íntima con las máquinas.

Hacer predicciones precisas es difícil porque la aceleración misma cambia las condiciones. La primera revolución cognitiva ocurrió hace unos 55.000 años. Pasan 50.000 años y aparece la escritura; transcurren 5.000 años y tenemos la imprenta. Y después de un intervalo de apenas 500 años tenemos una nueva revolución de la información. ¿La siguiente en 50 años y después en 5 años otra más?

Si la aceleración continúa, tal vez la quinta revolución cognitiva ya esté empezando y todavía no lo hemos notado.

El punto central es la aceleración. Más allá del asombro actual por los LLMs, los robots conversacionales, que llevan pocos años de existencia, que ya tienen uso masivo y han entrado en la vida cotidiana, probablemente volveremos a sorprendernos pronto, inclusive este año o el siguiente… No se ven señales de que esta aceleración vaya a detenerse de inmediato. Esta es la conclusión: lo que estamos viendo hoy en la inteligencia artificial es poco; lo que viene es exponencialmente más importante. Y viene pronto.

Referencias bibliográficas.

Anderson, Benedict. 1983. Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism. (London y New York: Verso, 1983).

Blackmore, Susan. 1999. The Meme Machine. (Oxford: Oxford University Press, 1999).

Darwin, Charles. 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. (London: John Murray, 1859).

Dawkins, Richard. 1976. The Selfish Gene. (Oxford: Oxford University Press, 1976).

Dunbar, Robin. 1996. Grooming, Gossip, and the Evolution of Language. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996).

Eisenstein, Elizabeth L. 1983. The Printing Revolution in Early Modern Europe. (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).

Gould, Stephen Jay, y Elisabeth S. Vrba. 1982. «Exaptation: A Missing Term in the Science of Form». Paleobiology 8, n.º 1 (1982): 4–15.

Harari, Yuval Noah. 2011. Sapiens: A Brief History of Humankind. (London: Harvill Secker, 2011).

Henrich, Joseph. 2015. The Secret of Our Success: How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter. (Princeton: Princeton University Press, 2015).

Serres, Michel. 2012. Petite Poucette. (Paris: Éditions Le Pommier, 2012).

Stringer, Chris. 2012. Lone Survivors: How We Came to Be the Only Humans on Earth. (New York: Times Books, 2012).