

PRÓLOGO

El problema fundamental de la comunicación es el de la reproducción exacta o aproximada en un determinado punto de un mensaje elegido en otro punto. Con frecuencia los mensajes tienen significado.

CLAUDE SHANNON (1948)

A partir de 1948, el año crucial, la gente comenzó a creer que podía ver cuál era el verdadero objetivo que inspiraba la obra de Claude Shannon, pero no era más que una percepción desde la retrospectiva. Él lo veía de manera distinta: Mi mente vaga errante, y noche y día no dejo de concebir cosas diversas. Como un escritor de ciencia ficción, me pregunto, «¿Y si fuera así?»¹

Como sabemos, 1948 fue al año en el que Bell Telephone Laboratories anunció la invención de un minúsculo semiconductor electrónico, «un aparato sorprendentemente sencillo» que podía hacer todas las funciones de una válvula de vacío, pero con más eficacia. Era esquirola cristalina, tan pequeña que podían sostenerse más de cien de ellas en la palma de la mano. En mayo, varios científicos constituyeron un comité para darle nombre, y dicho comité entregó a los ingenieros jefe en Murray Hill, Nueva Jersey, las papeletas con sus diversas propuestas: tríodo semiconductor... iotatrón... transistor (un híbrido de varistor y transconductancia).² Ganó transistor. «Puede tener una importancia prácticamente ilimitada en el mundo de la electrónica y de la comunicación eléctrica», declaró Bell Labs en una conferencia de prensa, y, por una vez, la realidad superó las previsiones del bombo publicitario. El transistor supuso una verdadera revolución en el campo de la electrónica, abriendo el camino de la tecnología hacia la

miniaturización y la omnipresencia, y en poco tiempo supuso para sus tres principales inventores la concesión del Premio Nobel. Para el laboratorio constituía la joya de la corona. Pero, en realidad, solo sería la segunda novedad más importante de aquel año. El transistor no era más que un soporte.

Un invento mucho más relevante y fundamental apareció en una monografía de setenta y nueve páginas de The Bell System Technological Journal de julio y octubre. Nadie se preocupó de organizar una conferencia de prensa por ello. El artículo tenía un título sencillo, pero grandilocuente, «A Mathematical Theory of Communication» («Una teoría matemática de la comunicación»), y su mensaje resultaba difícil de resumir. Pero constituyó un eje alrededor del cual comenzó a girar el mundo. Al igual que el transistor, esta innovación tuvo su propio neologismo: el término bit, elegido, en este caso, no por un comité de expertos, sino por el propio autor del trabajo, un hombre de treinta y dos años llamado Claude Shannon. A partir de ese momento, el bit se uniría al centímetro, al kilogramo, al litro y al minuto como una cantidad determinada, como una unidad de medida fundamental en la vida cotidiana.

Pero ¿qué medía? «Una unidad para medir información», escribía Shannon, como si hubiera tal cosa, esto es, como si hubiera una información medible y cuantificable.

Shannon formaba parte supuestamente del equipo de investigaciones matemáticas de Bell Labs, pero solía seguir una línea independiente.³ Cuando este equipo dejó la central de Nueva York por unas nuevas instalaciones en las afueras de Nueva Jersey, él no se unió al grupo y prefirió quedarse en un chiribitil del viejo edificio, una construcción de ladrillo rojo de doce pisos de altura de West Street, situada en una zona industrial entre el río Hudson y Greenwich Village. No le gustaba tener que desplazarse todos los días lejos para llegar al puesto de trabajo, y le encantaba el vecindario de aquella zona de Nueva York, donde podía escuchar a los clarinetistas de jazz en clubs que cerraban a altas horas de la madrugada. Además, coqueteaba tímidamente con una joven que trabajaba en el grupo de investigación de microondas de Bell Labs en la antigua fábrica Nabisco de dos pisos que se encontraba al otro lado de la calle. La gente lo consideraba un tipo encantador. Tras doctorarse en el MIT, había comenzado a trabajar en el departamento de guerra de los laboratorios, primero desarrollando un calculador automático para el sistema de control de tiro de las baterías antiaéreas, y más tarde centrándose en los pilares teó-

ricos de los sistemas secretos de comunicación —criptografía— y en la elaboración de una prueba matemática de la seguridad del llamado Sistema X, la línea del teléfono rojo con el que se comunicaban Winston Churchill y el presidente Roosevelt. Por lo que en aquellos momentos sus directores estaban dispuestos a dejarlo hacer, aunque no entendieran exactamente en qué diablos estaba trabajando.

A mediados del pasado siglo, AT&T no exigía unos resultados gratificantes inmediatos a su división de investigación. Permitía que se desviara de sus objetivos, realizando incursiones en el campo de las matemáticas o de la astrofísica aparentemente sin fines comerciales. En cualquier caso, toda aquella ciencia moderna estaba relacionada, directa o indirectamente, con la misión de la compañía, que era enorme, monopolista y abarcaba casi todos los campos. Sin embargo, a pesar de su envergadura, puede decirse que la compañía telefónica había dejado de lado la razón de su existencia. En 1948, más de ciento veinticinco millones de conversaciones pasaban diariamente por los más de doscientos veinte millones de kilómetros de cable y por los treinta y un millones de aparatos telefónicos de Bell System.⁴ La Oficina del Censo informaba de estos hechos bajo la rúbrica de «Comunicaciones en los Estados Unidos», pero no eran más que unos simples cálculos de comunicación. El censo también hizo un cálculo de varios miles de emisoras para radio y de unas cuantas decenas para televisión, además de periódicos, libros, panfletos y envíos postales. La oficina de correos contó sus cartas y paquetes, pero ¿qué se contaba, y en qué unidades, en la parte correspondiente a Bell System? No eran conversaciones, evidentemente; tampoco palabras, y mucho menos caracteres. Tal vez fuera simplemente electricidad. Los ingenieros de la compañía eran ingenieros eléctricos. Todo el mundo entendía que la electricidad servía para sustituir el sonido, el sonido de la voz humana, ondas en el aire que entraban en el micrófono del teléfono y se convertían en formas de onda eléctricas. Esta transformación constituía la esencia del avance del teléfono por delante del telégrafo, la tecnología que lo había precedido y que ya parecía muy desfasada. La telegrafía se basaba en un tipo de transformación bien distinto: un código de puntos y rayas que representaban letras del alfabeto; las letras representaban sonidos que, al combinarse, formaban palabras; y las palabras representaban un sustrato final con significado, aunque tal vez sea mejor que esto lo dejemos a los filósofos.

La Bell System no tenía ni una cosa ni la otra, pero había contratado a su primer matemático en 1897: George Campbell, natural de Min-

nesota, que había cursado estudios en Gotinga y en Viena. Campbell afrontó inmediatamente un problema gravísimo de los primeros sistemas de transmisión telefónica. Las señales se distorsionaban cuando pasaban por los circuitos; cuanto mayor era la distancia, más era la distorsión. Campbell encontró la solución recurriendo en parte a las matemáticas y en parte a sus conocimientos de ingeniería eléctrica.⁵ Sus jefes aprendieron a no preocuparse mucho por cómo lo hizo. El propio Shannon, en su época de estudiante, siempre había dudado entre ser ingeniero o matemático. Para Bell Labs era las dos cosas, por gusto o por fuerza, un individuo muy experto en circuitos y relés, pero que se sentía feliz en el reino de la abstracción simbólica. La mayoría de los ingenieros de telecomunicaciones dedicaban buena parte de su experiencia a solventar problemas físicos, a la amplificación y a la modulación, a la distorsión de fase y a la degradación que se producía entre señal y sonido. A Shannon le gustaban los juegos y los rompecabezas. Desde niño, cuando leía a Edgar Allan Poe, se había sentido hechizado por los códigos secretos. Como una urraca, hacía cúmulo de información. Como ayudante de investigación de primer año en el MIT, trabajó en una proto-computadora de cien toneladas, el Analizador Diferencial de Vannebar Bush, que podía resolver ecuaciones utilizando unos enormes mecanismos de ruedas y discos. A los veintidós años escribió una disertación que aplicaba una idea del siglo XIX, el álgebra de la lógica de George Boole, al diseño de circuitos eléctricos. (Lógica y electricidad, una curiosa combinación.) Más tarde trabajó con Hermann Weyl, matemático y experto en lógica que le enseñó lo que era una teoría: «Las teorías permiten a la conciencia “saltar por encima de su propia sombra”, dejar atrás lo que se da por descontado, representar lo trascendente, pero, como es evidente, solo en símbolos».⁶

En 1943 el matemático y descodificador inglés Alan Turing visitó Bell Labs en una misión criptográfica, y pudo reunirse varias veces con Shannon durante el almuerzo e intercambiar con él conjeturas sobre el futuro de las máquinas inteligentes. («¡Shannon no solo quiere introducir datos en un Cerebro, sino también cosas culturales!», exclamaría Turing. «¡Quiere que toque música!») Shannon también se cruzó en su camino con Norbert Wiener, de quien había recibido clases en el MIT, y que en 1948 proponía una nueva disciplina que se llamaría «cibernética», el estudio de la comunicación y el control. Por su parte, Shannon comenzó a mostrar un interés especial por las señales de televisión, desde un curioso punto de vista: se preguntaba si su contenido podía compactarse o comprimirse para permitir una trans-

misión más rápida. La lógica y los circuitos se cruzaron para generar un nuevo híbrido; lo mismo ocurrió con los códigos y los genes. A su manera, en su búsqueda solitaria de una estructura en la que entrelazar sus múltiples conocimientos, Shannon empezó a ensamblar una teoría de la información.

Las materias primas estaban esparcidas por todas partes, emitiendo luces y llamadas en el paisaje de comienzos del siglo XX, cartas y mensajes, sonidos e imágenes, novedades e instrucciones, figuras y hechos, señales y signos: un batiburrillo de especies relacionadas unas con otras. Estaban moviéndose, por correo, por cable o por ondas electromagnéticas. Pero no había ningún término para indicar todo esto. «A ratos», escribió Shannon en 1939 a Vannevar Bush cuando este estaba en el MIT, «he trabajado en un análisis de algunas propiedades fundamentales de los sistemas generales de transmisión de inteligencia».⁸ Inteligencia: era un término sumamente flexible y muy antiguo. «Hoy se utiliza como una palabra elegante allí donde hay tratados y citas comunes, bien en cartas, bien en mensajes.»⁹ Sin embargo, había adoptado otros significados. Unos cuantos ingenieros, especialmente en los laboratorios de investigación de telefonía, comenzaron a hablar de información. Utilizaban este término de una manera que indicaba algo técnico: cantidad de información, o cálculo de información. Shannon adoptó esta costumbre.

Para los objetivos de la ciencia, información tenía que significar algo especial. Tres siglos antes, una nueva disciplina, la física, no pudo avanzar hasta que Isaac Newton se apropió de unos términos que eran antiguos y vagos —fuerza, masa, movimiento e incluso tiempo— y les dio un nuevo significado. Los convirtió en cantidades, en términos adecuados para ser utilizados en fórmulas matemáticas. Hasta entonces, movimiento (por ejemplo) no había sido más que un término blando e inclusivo, como información. Para los aristotélicos, el movimiento abarcaba una extensa familia de fenómenos: un melocotón madurando, una piedra cayendo, un niño creciendo, un cuerpo degenerando. Era un concepto excesivamente rico. Hubo que descartar la mayoría de las distintas variedades de movimiento antes de poder aplicar las leyes de Newton y lograr el triunfo de Revolución Científica. En el siglo XIX, la palabra energía comenzó a experimentar una transformación similar: los filósofos naturales adaptaron un término que significaba vigor o intensidad. Lo matematizaron, dando al térmi-

no energía su lugar fundamental en la visión de la naturaleza de los físicos.

Lo mismo ocurrió con información. Fue necesario realizar un rito de purificación.

Y luego, cuando fue simplificado, destilado y contado en bits, el término información comenzó a aparecer por todas partes. La teoría de Shannon tendió un puente entre información e incerteza; entre información y entropía; entre información y caos. Condujo a los compact discs y a los aparatos de fax, a las computadoras y al ciberespacio, a la ley de Moore y a todos los Silicon Alleys del mundo. Nació el procesamiento de información, junto con el almacenamiento de información y la recuperación de información. La gente empezó a nombrar a un sucesor de la Edad de Hierro y de la Era del Vapor. «El hombre que almacena alimentos reaparece incongruentemente como hombre que almacena información», señalaba Marshall McLuhan en 1967.^{10} Escribió estas palabras con un poquito de antelación, en los albores del mundo de las computadoras y del ciberespacio.*

Hoy día podemos comprobar que la información es por donde discurre nuestro mundo: es la sangre y la savia, el principio vital. Impregna de arriba abajo las ciencias, transformando todas las ramas del conocimiento. La teoría de la información empezó como un puente que llevaba de las matemáticas a la ingeniería eléctrica, y de allí a la informática. Lo que los angloparlantes llaman computer science, en Europa los franceses lo denominan informatique, los italianos informatica, los alemanes Informatik y los españoles «informática». En la actualidad, incluso la biología se ha convertido en una ciencia de la información, una materia con mensajes, instrucciones y códigos. Los genes encapsulan información y posibilitan procedimientos para su lectura y su transcripción. La vida se expande a través de conexiones de redes. El mismísimo cuerpo es un procesador de información. La memoria no solo se encuentra en el cerebro, sino también en cada una de las células. No es por casualidad que la genética floreciera como ciencia de la mano de la teoría de la información. El DNA es la molécula de información vital, el procesador de mensajes más avanzado en el ámbito celular: un alfabeto y un código, seis mil millones de bits para formar un ser humano. «Lo que hay en el corazón de cualquier ser viviente no es fuego, ni aliento cálido, ni “chispas de vida”», pro-

* Y añadía secamente: «En este papel, el hombre electrónico es un espécimen tan nómada como sus ancestros del Paleolítico».

clama Richard Dawkins, especialista en teoría de la evolución. «Es información, son palabras, instrucciones. ... Si queréis entender la vida, no penséis en sustancias gelatinosas y masas de materia palpitanes y vibrantes, pensad en la tecnología de la información.»¹¹ Las células de un organismo son nodos de una red de comunicaciones sumamente intrincada, que transmiten y reciben, que codifican y decodifican. La propia evolución encarna un intercambio continuo de información entre organismo y entorno.

«El círculo de la información se convierte en la unidad de vida», dice Werner Loewenstein, después de pasar treinta años estudiando comunicación intercelular.¹² Nos recuerda que ahora información tiene un significado más profundo: «Connota un principio cósmico de organización y orden, y ofrece una medida precisa de ello». El gen también tiene su análogo cultural: el meme. En las doctrinas de la evolución cultural, un meme es un «replicador» y un propagador: una idea, una moda, una cadena de mensajes o una teoría de la conspiración. En un mal día, un meme es un virus.

La misma economía se reconoce como una ciencia de la información, ahora que el dinero está completando una curva de desarrollo de materia a bits, almacenados en la memoria de un ordenador y en bandas magnéticas, y las finanzas del mundo están fluyendo por un sistema nervioso global. Incluso cuando parecía que era un tesoro material, y pesaba en los bolsillos y llenaba las bodegas de los buques y las cajas fuertes de los bancos, el dinero no dejaba de ser información. Monedas y billetes, siclos y cauris, no eran más que tecnologías de breve duración para representar información acerca de quién posee qué.

¿Y qué decir de los átomos? La materia tiene un sistema de acuñación propio, y la más difícil de todas las ciencias, la física, pareció alcanzar la madurez. Sin embargo, también la física se ve golpeada de refilón por un nuevo modelo intelectual. En los años siguientes a la segunda guerra mundial, momento de apogeo de los físicos, las grandes novedades científicas fueron, por lo visto, la división del átomo y el control de la energía nuclear. Los teóricos centraron su prestigio y sus recursos en el estudio de partículas fundamentales y de las leyes que gobernaban su interacción, en la construcción de enormes aceleradores y en el descubrimiento de quarks y gluones. Desde esta elevada empresa, la investigación de las comunicaciones no podía verse más abandonada. En Bell Labs, Claude Shannon no pensaba en la física. Los físicos especializados en partículas no necesitaban bits.

Pero luego, de repente, los necesitaron. Cada vez más, los físicos y los teóricos de la información son una misma cosa. El bit es una partícula fundamental de una especie diversa: no es solo diminuto, sino también abstracto (un dígito binario, un biestable, un «sí o no»). Es insustancial, aunque cuando los científicos por fin comprenden la información, se preguntan si es tal vez primario: más fundamental que la mismísima materia. Sugieren que el bit es el núcleo irreducible, y que la información constituye el mismísimo centro de la existencia. Tendiendo puentes entre la física del siglo XX y la del siglo XXI, John Archibald Wheeler, el último colaborador que quedaba de Einstein y Bohr, fallecido en 2008, expresaba este manifiesto prácticamente en monosílabos oraculares: «It from Bit». Esto es, que de los bits, de la información, «sale cada “eso”, cada partícula, cada campo de fuerza» que pueda haber en el mundo, sale «incluso el propio continuo espacio-temporal».¹³ Se trata de una manera distinta de desentrañar la paradoja del observador: que el resultado de un experimento se ve afectado, o incluso determinado, por la misma observación. El observador no solo observa, sino que también formula preguntas y hace afirmaciones que en último término deben ser expresadas en discretos bits. «Lo que llamamos realidad», decía Wheeler entre evasivas, «surge en el último análisis tras la formulación de cuestiones de sí o no». Y añadía: «Todas las cosas físicas son informativo-teoréticas en origen, y este es un universo participativo». Así pues, todo el universo es considerado un computador, una máquina cósmica que procesa información.

Para resolver todo este enigma resulta clave un tipo de relación no contemplada por la física clásica: el fenómeno conocido como entrelazamiento. Cuando las partículas, o sistemas cuánticos, están entrelazadas, en sus propiedades se observan correlaciones que trascienden el espacio y el tiempo. A distancia de años luz, comparten algo que es físico, pero no solo físico. Surgen escalofriantes paradojas, inextricables hasta que se comprende cómo el entrelazamiento codifica información, medida en bits o en su homólogo cuántico llamado graciosamente «qubit». Cuando fotones y electrones y otras partículas interactúan, ¿qué hacen realmente? Intercambiar bits, transmitir estados cuánticos, procesar información. Las leyes de la física son los algoritmos. Todas las estrellas candentes, todas las nebulosas silenciosas, todas las partículas que dejan su fantasmagórica estela en una cámara de niebla son unos procesadores de información. El universo computa su propio destino.

¿Cuánto computa? ¿Con qué rapidez? ¿Cuál es su capacidad total de información? ¿Cuánto espacio de memoria tiene? ¿Qué vínculo hay entre energía e información? ¿Qué coste energético supone la emisión de un bit? Son preguntas difíciles de contestar, pero no son tan místicas o metafóricas como pueda parecer. Juntos, los físicos y los teóricos de la información cuántica, una raza nueva, se enfrentan a ellas. Hacen sus cálculos matemáticos e intentan darles respuesta. (Se calcule como se calcule, el número de bits del cosmos es diez elevado a una gran potencia», según Wheeler.¹⁴ En opinión de Seth Lloyd: «No hay más de 10^{120} operaciones en 10^{90} bits».)¹⁵ Revisan los misterios de la entropía termodinámica y los célebres engullidores de información, los agujeros negros. «El día de mañana», decía Wheeler, «habremos aprendido a comprender y a expresar toda la física en el lenguaje de la información».¹⁶

A medida que adquiere cada vez mayor protagonismo, más allá de lo que nadie habría podido imaginar, la información va aumentando y convirtiéndose en excesiva. «Demasiada información», dice hoy día la gente. Ante tanta información, mostramos signos de agotamiento, ansiedad y saturación. Hemos conocido al Demonio de la Sobrecarga Informativa y a sus malvados servidores, el virus informático, la señal de ocupado, los enlaces o vínculos rotos y los programas de presentación. Todo ello, en cierto sentido, también gracias a Shannon. Las cosas cambiaron muy rápidamente. John Robinson Pierce (el ingeniero de Bell Labs que se había inventado el término «transistor») reflexionaría más tarde: «Cuesta imaginar el mundo antes de Shannon como lo veían los que vivían en él. Resulta difícil recuperar la inocencia, la ignorancia y el desconocimiento».¹⁷

Pero el pasado regresa al centro de atención. «En el principio era el verbo», dice Juan. Nosotros somos la especie que se denominó homo sapiens, el que sabe, y más tarde, tras reflexionar, lo corrigió, proclamándose homo sapiens sapiens. El gran regalo de Prometeo a la humanidad no fue, después de todo, el fuego: «También el número, destacada invención, descubrí para ellos, y la combinación de las letras en la escritura, donde se encierra la memoria de todo, artesana que es madre de las Musas».¹⁸ El alfabeto fue un pilar de la tecnología de la información. El teléfono, el aparato de fax, el computador y, en último término, el ordenador son simplemente las novedades más recientes concebidas para almacenar, manipular y comunicar conoci-

mientos. Nuestra cultura ha absorbido un vocabulario funcional para estas útiles invenciones. Hablamos de *compresión de datos*, sabiendo perfectamente que es bien distinto de *compresión de gases*. Entendemos lo que es *flujo continuo*, *análisis*, *clasificación* y *filtrado de información*. Nuestro mobiliario incluye iPods y pantallas de plasma, tenemos conocimientos de *redacción de mensajes por SMS* y sabemos hacer *búsquedas por Internet*, estamos preparados para ello, somos expertos, de modo que vemos la información en primer plano. Pero lo cierto es que siempre ha estado allí. Se difundió también por el mundo de nuestros antepasados, adoptando formas sólidas o etéreas, convertida en *lápidas de granito* o en *cuchicheos de cortesanos*. La *tarjeta perforada*, la *caja registradora*, la *decimonónica máquina diferencial*, los *cables de telégrafo*: todos ellos desempeñaron su papel en la trama de la telaraña de información de la que estamos suspendidos. En su momento, cada tecnología nueva de información supuso un paso adelante en materia de *almacenamiento* y *transmisión*. De la imprenta surgieron nuevas maneras de *clasificar información*: *diccionarios*, *enciclopedias*, *almanaques*, esto es, *compendios de palabras*, *organizadores de hechos y acontecimientos*, *árboles de conocimientos*. Difícilmente una tecnología de la información se vuelve obsoleta. Las nuevas van poniendo de relieve a sus predecesoras. Así es cómo Thomas Hobbes, en el siglo XVII, resistía al nuevo circo mediático de su época: «La invención de la imprenta, aunque ingeniosa, no es nada comparada con la invención de las letras».¹⁹ Hasta cierto punto, tenía razón. Cada medio de comunicación nuevo transforma la naturaleza del pensamiento humano. Al final, la historia no es más que el relato de la información que va adquiriendo consciencia de sí misma.

Algunas tecnologías de la información fueron valoradas en su propia época, pero otras no. Entre las que no fueron comprendidas destacan los tambores parlantes de África.