

**INFORMACIÓN, ELECTRICIDAD Y CÓDIGOS.
FUNDAMENTOS TÉCNICOS Y LÓGICOS DEL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DEL
DOCUMENTO JURÍDICO**

Manuel González-Meneses

Notario

TITLE: *Information, electricity and codes. Technical and logical foundations of the legal document digitisation process*

RESUMEN: Con el propósito de ofrecer un marco lo más amplio posible que facilite la comprensión del proceso de digitalización como fenómeno no sólo tecnológico sino también cultural y antropológico, en este trabajo se retrocede hasta el origen de la civilización humana con la invención de la escritura alfabética, para luego rastrear la evolución de las técnicas de registro y transmisión del pensamiento humano. En este repaso se presta especial atención a la telegrafía eléctrica y el código Morse, como primera manifestación de la vinculación que hoy damos por supuesta entre información y electricidad, y que plantea un problema no sólo de ingeniería sino también de naturaleza lógica, de codificación. La reflexión sobre el sistema Morse facilita la comprensión de la tecnología digital como aquella que, gracias a una simplificación extrema de las señales, consigue un máximo potencial comunicador de alcance universal. El estudio concluye con unas observaciones sobre las implicaciones de esta tecnología digital en su aplicación al documento jurídico: la desmaterialización del documento al hacerse fungible su soporte; la necesaria intermediación tecnológica en la relación hombre-documento; y una posible revisión de la literalidad, de la dependencia de la escritura, por razón del posible contenido multimedia.

ABSTRACT: *With the purpose of offering the widest possible framework that facilitates the understanding of the digitalization process as a phenomenon not only technological but also cultural and anthropological, in this work we go back to the origin of human civilization with the invention of alphabetic writing, to later trace the evolution of techniques for recording and transmission of human thought. In this review, special attention is paid to electrical telegraphy and Morse code, as the first manifestation of the link between information and electricity that we take for granted today, and that poses a problem not only of engineering but also of a logical nature, as a matter of encoding. The reflection on the Morse system facilitates the understanding of digital technology as that which, thanks to an extreme simplification of the signals, achieves a maximum communication potential of universal scope. The work concludes with some observations on the implications of this digital technology in its application to the legal document: the dematerialization of the document by making its support fungible; the necessary technological intermediation in the human-document relationship; and a possible revision of the literality, of the dependence on writing, due to the possible multimedia content.*

PALABRAS CLAVE: Alfabeto, numeración posicional, código Morse, teoría de la información, señal discreta, señal continua, digital, analógico, elemento biestable, código ASCII, muestreo.

KEY WORDS: *Alphabet, positional numbering, Morse code, information theory, discrete signal, continuous signal, digital, analog, bistable element, ASCII code, sampling.*

SUMARIO: I. LA ESCRITURA ALFABÉTICA COMO LA PRIMERA GRAN DISRUPCIÓN. II. LA TELECOMUNICACIÓN. ENTRE LA INGENIERÍA Y LA LÓGICA. III. LO QUE NOS ENSEÑA EL SISTEMA MORSE. IV. LA TELECOMUNICACIÓN ANALÓGICA. V. LA DIGITALIZACIÓN Y EL CÓDIGO BINARIO COMO CARACTERÍSTICA UNIVERSALIS. VI. LA DIGITALIZACIÓN Y EL DOCUMENTO JURÍDICO

I. LA ESCRITURA ALFABÉTICA COMO LA PRIMERA GRAN DISRUPCIÓN

Cuando, siendo niños, fuimos introducidos en la escuela por primera vez en el estudio de la historia, a todos nos dibujaron una línea del tiempo en la que el maestro o la maestra marcó varios hitos con unas fechas que debíamos memorizar -la caída de Roma, el descubrimiento de América o la caída de Constantinopla, la Revolución Francesa- porque dividían la historia de la humanidad en grandes etapas o edades: la edad antigua, la edad media, la edad moderna, etc. La primera marca de la línea, sin embargo, no tenía una fecha exacta: es la que señalaba el final de la prehistoria y el comienzo de la historia propiamente dicha, lo que sucedió aproximadamente unos 3.300 años antes de Cristo. Además de la ausencia de una fecha precisa, había otra diferencia importante: los hitos posteriores eran acontecimientos fundamentalmente políticos -el colapso final de sendos imperios, el inesperado tropiezo con un vasto territorio hasta entonces desconocido para los europeos que se podía incorporar a su dominio, un brusco cambio de régimen de gobierno en una importante nación europea-, mientras que esa primera marca divisoria representaba un acontecimiento puramente cultural y tecnológico: la aparición de la escritura. Lo que significaba esa marca era que, a partir de ese momento, para conocer el pasado de la humanidad no contamos sólo con esos vestigios mudos que nos aportan los yacimientos arqueológicos en forma de cráneos más o menos voluminosos, fémures de mayor o menor longitud, herramientas de piedra o de hueso talladas con más o menos habilidad, pinturas con escenas de caza o de guerra en cuevas o abrigos rocosos, fragmentos de cacharros de arcilla cocida, algún resto de construcción...; una vez que disponemos de textos escritos conservados, entonces todo cambia: son los mismísimos habitantes de ese tiempo del pasado los que nos hablan de ellos mismos y de su época. Así, la aparición de la escritura supone el verdadero comienzo de la historia humana como relato en que el propio ser humano se interpreta a sí mismo y a los acontecimientos que le van sucediendo.

No obstante, aunque nuestros primeros estudios de historia siempre empezaban así, apenas nos hicieron reflexionar sobre la importancia real de ese primer hito, de hasta qué punto la historia de la humanidad se identifica con la historiografía. De manera que, aunque nuestra especie había habitado la tierra decenas o incluso centenares de miles de años antes, la parte de la historia humana que realmente venía a ser relevante era aquella que había quedado documentada por el propio ser humano mediante la escritura, mediante narraciones escritas que todavía conservamos. Los hombres de los que tenemos textos escritos son nuestros contemporáneos de una forma como nunca lo podrán ser todos los neandertales y homosapiens anteriores.

Ni tampoco nos hicieron reparar en que ese hito supuso un extraordinario cambio de tempo en los acontecimientos humanos. Es verdad que en esas oscuras y extensísimas edades prehistóricas pasaron cosas muy relevantes, pero desde luego con otro ritmo, un ritmo que podríamos calificar como geológico o biológico. La aceleración de la cultura y la civilización humana propia de las edades históricas es algo que sobreviene a partir de la invención de la escritura, y precisamente como consecuencia de la invención de la escritura. ¿Por qué? Pues, evidentemente, porque es lo que permitió que el pensamiento humano se registrase, se objetivase o materializase, mediante su incorporación a un objeto material duradero, lo que facilitó su conservación y transmisión en el tiempo y también que se convirtiera a su vez en objeto de reflexión, de un pensamiento sobre el propio pensamiento y sobre el lenguaje que le sirve de vehículo.

No puedo dejar de recordar cómo un escritor tan brillante y prolífico como Platón puso en boca de su maestro Sócrates en el diálogo Fedro una dura crítica de la escritura, de las letras, porque «es olvido lo que producirán en las almas de quienes las aprendan, al descuidar la memoria, ya que, fiándose de lo escrito, llegarán al recuerdo desde fuera, a través de caracteres ajenos, no desde dentro, desde ellos mismos y por sí mismos». No obstante, lo cierto es que frente a la tosquedad y la precariedad de una cultura basada tan solo en la tradición oral y en imágenes singulares difícilmente reproducibles, fue la escritura lo que posibilitó la acumulación del conocimiento, la construcción sobre lo ya construido, sin tener que empezar otra vez cada generación prácticamente desde cero; así como una creciente precisión, afinamiento y sofisticación del pensamiento, condiciones éstas necesarias para el incremento de la colaboración humana, la división del trabajo, el comercio, la creación de organizaciones políticas más extensas y complejas y, claro está, para el desarrollo del derecho. En particular, para nosotros los juristas, el derecho tal y como lo hemos conocido y experimentado -en forma de leyes, juicios, sentencias, contratos, títulos de propiedad individual, testamentos-, es algo íntimamente ligado y de forma siempre creciente a este arte de la escritura. Y esto mismo se puede decir, por supuesto, del desarrollo de la ciencia y de la técnica.

En relación con la técnica, cuando se habla de los grandes inventos o descubrimientos de la humanidad, siempre se mencionan el dominio del fuego, la rueda, el arado, la pólvora, la brújula, la imprenta, la máquina de vapor o la penicilina. Pero el gran invento humano verdaderamente disruptivo, que no se suele incluir en esa lista, fue la escritura y en particular la escritura alfabética. Mediante la combinación de poco más que una veintena de signos tan sencillos que los puede trazar fácilmente un niño se puede representar gráficamente toda la infinita producción del habla humana, y ello sin más instrumental técnico que un estilete y una tablilla de arcilla o de cera, o un cálamo afilado mojado en tinta y una lámina de papiro, pergamino o papel. Por supuesto que estos

últimos soportes, que son los que permiten una escritura más rápida y resultan más manejables para su transporte y almacenamiento, no ofrecen la garantía de conservación y perduración propia de otros posibles soportes de la escritura más sólidos como la piedra o el metal, pero, aun así, aquellos soportes más livianos y frágiles, si son debidamente protegidos del fuego y del agua, han mostrado también una extraordinaria persistencia y longevidad. La tecnología del papel y la tinta, con toda su sencillez, ha sido durante siglos un instrumento muy eficaz para la representación y el registro duradero del pensamiento humano.

Pero, aun siendo fascinante la historia de estos soportes materiales de la escritura que de forma tan sugestiva se nos cuenta en *El infinito en un junco*, lo que me interesa aquí resaltar es que lo verdaderamente revolucionario de la invención de la escritura alfabética no es tanto la cuestión material -el medio y el soporte- como la cuestión puramente lógica: el código alfabético. Estamos tan habituados a ello, que no reparamos en lo que tiene de extraordinario, y es que difícilmente se puede encontrar algo más eficiente: una absoluta economía de símbolos con un potencial comunicador infinito. Combinando -como he anticipado- una veintena de símbolos muy simples es posible fijar y conservar pensamientos tan complejos como la Biblia, el *Corpus Iuris Civilis*, la Divina Comedia, Hamlet, Los Hermanos Karamazov o El origen de las especies. En comparación con esto, la imprenta de tipo móviles, con toda su trascendencia cultural, social y política, es una invención menor: multiplicó el efecto de la escritura, al permitir la generación de un gran número de ejemplares de un mismo texto escrito, superando así la limitación inherente a la escritura manual, pero la invención del código alfabético fue una condición previa mucho más relevante. Sin alfabeto no hubiera sido posible la imprenta.

Otra invención puramente lógica de extraordinaria relevancia que tampoco se suele incluir en la lista de grandes inventos de la humanidad y que también tiene relación con nuestro tema es la numeración posicional y el cero, que permiten a su vez, con combinaciones de unos pocos signos o grafos, representar de forma muy sencilla las más ingentes cantidades que el hombre es capaz de contar, así como realizar fácilmente operaciones aritméticas o de cómputo numérico. Intente el lector hacer una división con un divisor de dos cifras empleando numerales romanos y entenderá lo que quiero decir con esta última observación. Esta innovación también generó resistencia cuando fue importada a Occidente allá por el siglo XIII, precisamente porque esta forma de notación, pese a su evidente comodidad, se juzgaba por los comerciantes como insegura y propicia al fraude, pues bastaba con añadir un cero a la derecha de cualquier expresión numérica para incrementar considerablemente la cantidad.

En cuanto a la imprenta -volviendo a los inventos mecánicos-, como es evidente, vino a facilitar la comunicación del pensamiento humano y la transmisión de la información y el conocimiento, contribuyendo con ello también a la aceleración de la historia, pero por sí sola no podía superar una limitación muy importante: la información cosificada en ese objeto material que es una hoja de papel no puede llegar más allá ni más rápido de lo que somos capaces de desplazar el papel en el espacio. Alguien, una paloma mensajera o un ser humano, a pie, a caballo, en diligencia, ferrocarril, barco o aeronave, ha de cubrir físicamente una distancia trasportando el papel que lleva nuestro escrito para que el mensaje llegue a su destinatario. Este transporte físico del papel, como es evidente, consume recursos materiales y sobre todo tiempo. Y a medida que fue progresando la civilización y haciéndose más compleja la sociedad humana, cada vez había menos tiempo que perder, la necesidad de una comunicación a distancia más expeditiva se fue haciendo acuciante.

II. LA TELECOMUNICACIÓN. ENTRE LA INGENIERÍA Y LA LÓGICA

Esta necesidad ha dado lugar a otra historia, la historia de la telecomunicación, tan fascinante o más que la de la propia escritura, y en cuyo desarrollo también intervienen dos elementos o factores: el factor tecnológico o de ingeniería, y el factor que podríamos llamar lógico o lingüístico, el sistema de codificación del mensaje. Se suele prestar más atención a lo primero, cuando lo segundo -igual que sucede con el alfabeto y la escritura- es tan importante o más.

Esta historia de la telecomunicación es larga y compleja, y tan antigua como la de la propia escritura. Me voy a referir sólo a algunos detalles, que considero relevantes para la cuestión que aquí me ocupa. Precisamente, la revolución documental que ahora mismo tenemos entre manos y cuyas implicaciones jurídicas estamos todavía en curso de elucidar es una consecuencia directa de la confluencia de dos líneas de evolución tecnológica, muy diferentes en su origen, pero que han terminado confluyendo: la tecnología de la telecomunicación, que es algo que tiene que ver con la transmisión de la información, y la tecnología de la mecanización del cálculo numérico o computación, que es algo relacionado a su vez con los números y las operaciones aritméticas que mencionaba antes. Hoy -como sabemos de sobra- los dispositivos informáticos, que nacieron como máquinas de calcular -de ahí el término *computer*, computadora-, se han convertido en nuestro principal medio de telecomunicación, y también de representación y conservación duradera de los productos del pensamiento humano, e incluso hoy se pretende que emulen el pensamiento humano. Pero no nos adelantemos.

De momento, me voy a centrar en el tema de la telecomunicación.

Comunicación a distancia (sin traslado físico de un mensajero o de una carta) siempre ha existido, ya fuera mediante señales sonoras –tambores, cornetas, campanas, gongs- u ópticas –humo, antorchas, fogatas, bengalas, faros, banderas, reflejos del sol en un espejo-. En una preciosa y emocionante escena de la trilogía fílmica de El Señor de los Anillos se nos muestra la transmisión de un mensaje de petición de auxilio desde la ciudad de Minas Tirith, la capital de Gondor, hasta la lejana Marca de Rohan a través de una grandiosa cordillera, mediante el sucesivo encendido por unos centinelas de unas hogueras visibles desde muy lejos, las almenaras. A este sistema aludió ya el ateniense Esquilo en un prolijo pasaje de su tragedia Agamenón: la noticia de la toma de Troya –en la costa de Asia Menor, junto al estrecho de los Dardanelos- en una sola noche va saltando de isla en isla del Egeo en forma de llamarada hasta llegar al somnoliento vigía apostado en la azotea del palacio real del Atrida en Argos, ya en el corazón del Peloponeso.

Pero todos estos sistemas tradicionales adolecían de importantes inconvenientes: dependencia de factores atmosféricos, limitación al alcance visual o auditivo, necesidad de personal humano para cada replicación de la señal y sobre todo -y esto es muy importante- simplicidad o pobreza de los mensajes transmisibles por estos medios. Así, una cadena de hogueras que se van encendiendo en los puntos más altos de un relieve montañoso es una imagen muy espectacular, pero, como sistema de comunicación, no es un ejemplo de eficiencia, porque sólo es capaz de transmitir un mensaje, o si se quiere, dos: si no se enciende ninguna hoguera, el mensaje es que no hay novedad; si se encienden las hogueras, el mensaje es que Minas Tirith pide auxilio. Y eso es todo. Un despliegue logístico como el que exige mantener las atalayas en lugares de difícil acceso con combustible y guarniciones de vigías oteando el horizonte día y noche durante todos los días del año, para transmitir tan sólo esos dos únicos mensajes (un miserable bit de información, según el sistema de medida de la cantidad de información que inventó CLAUDE SHANNON en la obra a la que en seguida me voy a referir) no es nada impresionante.

Pues bien, en el siglo XIX a algunas mentes inquietas e ingeniosas se les ocurrió algo absolutamente original y sorprendente: utilizar para los fines de la comunicación esa misteriosa y etérea energía cada vez más conocida: la electricidad. Precisamente porque esta es una forma de energía que, por un medio conductor, como un alambre o cable metálico, se transmite a una gran velocidad, próxima a la velocidad de la luz. Así, uniendo dos puntos lejanos mediante un cable se podía emplear la electricidad para transmitir un mensaje de forma casi instantánea. No obstante, para conseguir esto había que resolver dos problemas. En primer lugar, cómo generar energía eléctrica de forma artificial en el

punto deseado y controlar su propagación. Y, en segundo lugar, cómo conseguir que esa propagación de la electricidad pudiera utilizarse como una señal, como un signo al que vincular un significado. Hoy estamos tan habituados a ello, que vemos como natural la conexión entre electricidad y comunicación e información. Pero en ese momento, semejante combinación –de alguna manera, que la electricidad pudiera hablar- era algo completamente insólito, que sólo algunos visionarios llegaban a imaginar. El primer problema aludido planteaba una cuestión puramente tecnológica, de ciencia e ingeniería. En el segundo problema no entraba en juego sólo la tecnología sino también –como decía antes- la lógica y la lingüística, así como lo que más tarde se conocerá como «teoría de la comunicación» o «teoría de la información».

Tendría que pasar un siglo para que todo este asunto fuera objeto de una conceptualización con la que hoy estamos muy familiarizados y que debemos al ingeniero y matemático estadounidense CLAUDE SHANNON en su seminal obra Una teoría matemática de la comunicación del año 1948. Desde entonces, constituye un lugar común un esquema o modelo abstracto que explica el fenómeno de la comunicación distinguiendo estos elementos: una «fuente de la información» que crea o selecciona un «mensaje», un «transmisor» que transforma ese mensaje en una «señal», esta señal se transmite a través de un «canal», donde puede sufrir la incidencia de interferencias o «ruido», al otro lado del canal está el «receptor», que recibe la señal y la transforma nuevamente en mensaje, llegando en esta forma al «destinatario final». (Los juristas no hemos venido prestando mucha atención a este tipo de cosas, pero cuando la contratación «entre ausentes» o no presencial se está convirtiendo en la forma más habitual de contratar, todo esto empieza a adquirir una gran relevancia también para nosotros).

Pues bien, en el ámbito de la comunicación por cable se propusieron diferentes diseños para la generación de la señal. Uno de ellos consistía en tender entre dos puntos tantos cables como letras del alfabeto, de manera que en cada uno de los pasos se haría circular la corriente sólo por el cable asignado a una letra determinada para ir así marcando las letras que formaban una palabra.

La propuesta que finalmente triunfó se la debemos al estadounidense SAMUEL MORSE (y también a su mucho menos conocido colaborador ALFRED VEIL). Era una idea tecnológicamente más simple pero más sofisticada en el plano lógico. Más simple porque basta con un único cable por el que pasa la corriente. Pero esa corriente no discurre sin más, sino de forma discontinua. El aparato emisor tiene una palanca que mientras no se pulsa mantiene el circuito inactivo. Cuando se pulsa se emite un impulso eléctrico que se transmite por el cable hasta donde este termina y se detecta por el aparato receptor.

Pero la pulsación y por tanto el impulso transmitido pueden tener una duración variable. El impulso puede ser más o menos largo. Y con estos elementos puramente físicos, relativos al estado y discurrir de una energía física -el impulso corto, el impulso largo y el lapso de tiempo sin impulso o vacío entre impulsos, que a su vez puede ser más o menos largo-, era posible construir señales.

Ahora bien, estas señales que concibió MORSE no son por sí mismas significativas. En su representación gráfica analógica se representan como un punto (el impulso corto), una raya horizontal o guion de longitud igual a tres puntos (el impulso largo) y un espacio en blanco (el lapso de tiempo inactivo entre dos impulsos). Cuando empleo aquí la palabra «analógica» en relación con la representación gráfica (es decir, como signos de tinta en un papel) de estas señales del telégrafo MORSE-VEIL, lo que quiero decir es que el signo gráfico se parece a la señal eléctrica a la que representa, existe un parecido, «isomorfismo» o «analogía» entre ambos elementos: el impulso eléctrico corto se representa gráficamente como un punto, lo que supone un trazo corto; el impulso eléctrico largo se representa como una raya, que es un trazo más largo; y el lapso en que el circuito está inactivo como un espacio en blanco en el papel. Sobre esta cuestión de la analogía (que, como es sabido, tiene también una especial resonancia jurídica) habremos de volver enseguida. Pero lo que ahora me interesa es que puntos, rayas y espacios en blanco por sí mismos no significan ni comunican nada. Son -atención- como unos patrones o esquemas vacíos y polivalentes.

Para que los impulsos cortos y largos, los puntos y las rayas, y los espacios en blanco signifiquen algo es necesario un «código»: unas reglas o pautas que determinen las combinaciones de estas señales que son válidas y, sobre todo, que vinculen determinadas combinaciones de puntos y rayas a unos determinados significados. Este elemento fundamental del sistema –como he anticipado- ya no es competencia de la ingeniería o de la ciencia de la electricidad, sino de la lógica o la lingüística.

Como explica JAMES GLEICK en su fascinante libro *La Información. Historia y realidad*, en un primer momento, Morse pensó en un código de palabras completas –al estilo de los ideogramas chinos-, de manera que los operadores de telégrafo debían disponer de un diccionario con las señales correspondientes a cada palabra, que habrían de consultar para cifrar o descifrar un mensaje. Pero al final prevaleció una solución distinta que no requería diccionario: un código alfabético. Para cada una de las letras del alfabeto latino, para cada uno de los símbolos del sistema de numeración decimal y para determinados signos de puntuación existiría una señal formada por puntos y rayas. Así, la letra a se representa como · —, la letra b como — · · ·, etc. De esta manera, para operar con este código lo único que hace falta conocer es la cadena de puntos y rayas con que se

representa cada uno de los caracteres alfanuméricos (es decir, conocer poco más que una treintena de estas combinaciones diferentes de puntos y rayas y su equivalencia alfabética). Y como -según he empezado recordando- con combinaciones de letras, cifras y signos de puntuación podemos construir todas las palabras y todos los textos posibles, cualquier tipo de mensaje lingüístico o numérico se puede transmitir haciendo uso de este código cuyas señales pueden circular a gran velocidad en forma de impulsos eléctricos que recorren un cable tendido entre dos puntos.

Explicado esto, aún quiero hacer algunas observaciones adicionales sobre este sistema de comunicación y su significado.

III. LO QUE NOS ENSEÑA EL SISTEMA MORSE

En primer lugar, es importante que nos demos cuenta del carácter discrecional o convencional del código. Antes he señalado cómo entre los impulsos eléctricos cortos y largos que se propagan por un cable y los puntos y las rayas que se trazan en un papel existe un parecido o analogía. Sin embargo, entre las combinaciones de estos signos y las letras o cifras que cada una de ellas representa no existe ninguna analogía (o, si la hay en cuanto a algunos de los símbolos, sólo tiene un significado mnemotécnico, para facilitar el aprendizaje del código por sus operadores). O dicho de otra forma, la letra h, por ejemplo, no se parece en nada a la señal · · · · mediante la que es representada en Morse. ¿Por qué representamos esta letra como semejante señal? Pues por pura convención. Porque así lo ha decidido el autor del código y lo aceptamos todos los que hacemos uso de este código. De manera que el código podría ser perfectamente de otra manera. Podríamos utilizar una cadena de cuatro puntos o impulsos cortos para representar, por ejemplo, la letra f.

El hecho de que no exista parecido entre la forma del mensaje y la forma de la señal nos permite concluir que el sistema Morse no es un sistema analógico de comunicación. Tampoco es un sistema digital, porque no utiliza dígitos, es decir números, como signos o símbolos. Sin embargo, el sistema Morse se parece a los sistemas digitales por dos razones. Primero, porque utiliza señales «discretas». En el contexto científico, lo discreto se contrapone a lo continuo. En la naturaleza prevalece lo continuo sobre lo discreto: las variaciones de intensidad del sonido, de la luz, del color o de la temperatura son continuas, presentan gradaciones infinitas; mientras que lo discreto opera per saltum, con divisiones claramente marcadas. El sistema digital binario, como luego veremos, es el prototipo de sistema discreto, con su clara dicotomía entre el cero y el uno, entre el on y el off. Pero también lo es el sistema Morse, que representa toda la información que es capaz de transmitir mediante estados o impulsos o la ausencia de estos claramente

diferenciados. En segundo lugar, el Morse se parece a los sistemas digitales por ese carácter convencional al que ya me he referido.

¿Y qué criterio es el que se ha seguido para esta asignación convencional de determinadas señales a determinados caracteres alfabéticos o numéricos? Pues, en primer lugar, -como anticipé antes- criterios mnemotécnicos. Así, las señales de los números siguen una secuencia fácil de recordar. Todas se componen de cinco marcas. El 0 se representa con cinco rayas; el 1, con un punto seguido de cuatro rayas; el 2, dos puntos seguidos de tres rayas; el 3, como · · · — — ; el 4, como · · · · — ; el 5, como · · · · · ; el 6, — · · · · , etc. Tratándose de las letras del alfabeto, el criterio de generación de las señales no es tan evidente. En algunos casos, lo que se tuvo en cuenta fue la frecuencia de uso de la letra en cuestión. Así, la letra e, que al parecer es la de uso más frecuente en el idioma inglés, se representa mediante la señal más sencilla, un solo punto; y una raya sola corresponde a la letra t, que es también de uso muy frecuente. Por tanto, fueron consideraciones estadísticas (frecuencia de aparición de ciertos caracteres en una determinada lengua) y de índole práctica (emplear señales más sencillas para transmitir los caracteres más frecuentes economiza tiempo y esfuerzo por parte de los operadores de telegrafía) las que influyeron en la elección de algunas de las señales. Esto es muy importante porque enlaza con el tipo de novedosas preocupaciones (la aplicación de criterios puramente cuantitativos al fenómeno del lenguaje y la comunicación humana) que están presentes en la aludida teoría matemática de la comunicación de SHANNON.

En relación con esta cuestión de la discrecionalidad, hemos de observar también que el Morse no es un lenguaje natural, sino un lenguaje completamente artificial, creado ex nihilo por voluntad humana en un momento determinado. Los lenguajes naturales como el latín, el español, el inglés o el chino no los ha inventado nadie, no tienen un creador identificable, que haya decidido de una vez y para siempre sus símbolos, las combinaciones válidas de éstos y, sobre todo, los significados de estas combinaciones, sino que son el resultado de una tradición secular de habla y escritura en el marco de amplias comunidades humanas. Una tradición ésta que, por supuesto, no está cerrada ni dirigida por nadie, sino que evoluciona constantemente de una manera informal, escapando por completo al control de una persona concreta o de un grupo reducido de éstas. Es verdad que han existido individuos que han ejercido una influencia notable en la evolución de una lengua –se dice de Homero, de Shakespeare o de Lutero- y que hay instituciones a las que se reconoce una función normativa, o de tipificación o estandarización –como nuestra RAE-. Pero una lengua viva es algo espontáneo, fluido, proteico, inabarcable. En contraste con ello, el código Morse fue diseñado de forma consciente por un sujeto determinado en un cierto momento y desde entonces se

mantiene inalterado salvo algunas modificaciones singulares que se han ido incorporando sobre la base de un consenso muy formalizado.

También es preciso advertir que el código Morse, en puridad, no es ni siquiera un lenguaje, porque no tiene autonomía como tal. Se trata de un código absolutamente dependiente de algún lenguaje natural. Es un mero instrumento auxiliar para transmitir letras y cifras a distancia. Pero las letras y cifras así transmitidas son los caracteres alfanuméricos de que hace uso algún lenguaje natural escrito y toda la morfología, sintaxis y semántica de los mensajes codificados en Morse es aportada por ese lenguaje natural. Así, si transmitimos por telégrafo la palabra «crisis», la única función del sistema Morse es «trasladar» las seis letras c-r-i-s-i-s- en forma de señal eléctrica de un lugar a otro de forma rápida y sin pérdida. Qué queremos decir con esa palabra en ese momento, cómo debe interpretarla el receptor, son cuestiones completamente ajenas al código Morse.

El propio código Morse no suscita ningún interés por sí mismo. Sólo sirve para transmitir un mensaje por un determinado medio. Fuera de ese medio carece de sentido su uso. Nadie envía una carta escrita en Morse haciendo uso del correo ordinario, porque si el propio papel así escrito se tiene que desplazar físicamente, entonces el Morse carece de utilidad, es mejor escribir la carta en alfabeto ordinario. Y así tampoco nadie escribe ni ha escrito un texto en Morse para conservar lo escrito en ese código pudiendo hacerlo con caracteres alfabéticos normales. No existen registros ni literatura en Morse (sin perjuicio de que se conserve por interés histórico o de coleccionista el facsímil en puntos y rayas de algún célebre mensaje transmitido por telegrafía, como la cita bíblica «What hath God wrought» que el grandilocuente MORSE telegrafió el 24 de mayo de 1844 desde el Capitolio en Washington hasta Baltimore en la inauguración de la primera línea comercial de telegrafía). Incluso todo el asunto de los puntos y las rayas, como signos escritos sobre papel, sería perfectamente prescindible. Sólo constituye una representación secundaria del código con finalidad fundamentalmente didáctica. Un telegrafista aplicado no necesitaba traducir las palabras del mensaje primero a puntos y rayas sobre un papel, sino que podía ir pulsando la palanca del aparato transmisor traduciendo directamente las letras en las correspondientes pulsaciones (es decir, transformando directamente el mensaje alfabético en señal).

Yendo un poco más allá, también debemos darnos cuenta de que toda la parte de cacharrería del telégrafo –los cables, las baterías que generan la corriente eléctrica, el aparato pulsador que emite la señal, el aparato receptor que la capta- es algo independiente y separable del propio código Morse. No es más que una concreción o instanciación sensible y material de éste entre otras muchas. De hecho, el código Morse

ha sobrevivido al telégrafo cuando éste quedó obsoleto y superado por tecnologías más avanzadas. Y es que la esencia última del sistema Morse trasciende a una concreta tecnología. En su concepción más abstracta, el código Morse se basa en el contraste entre la longitud o la duración temporal de dos señales normalizadas, una más larga que la otra, y en el contraste de ambas con intervalos sin señal. Señales basadas en este tipo de cadencia se pueden materializar tanto en impulsos eléctricos discontinuos, como en trazos de tinta sobre un papel, pero también en muy variados estímulos sonoros o lumínicos: pitidos o bocinazos cortos y largos, destellos de luz cortos y largos... Incluso en el parpadeo de unos ojos, que fue la forma en que JEREMIAH DENTON, un piloto naval estadounidense prisionero del Viet Cong, se las ingenió en una entrevista televisiva controlada por sus carceleros para deletrear la palabra *torture* para dar a conocer al mundo en el año 1966 que él y sus compañeros estaban siendo torturados por los norvietnamitas.

Como conclusión y resumiendo en una fórmula breve nuestro análisis del código Morse, podemos decir que es un sistema de codificación que transforma mensajes alfanuméricos propios del lenguaje natural escrito en unas señales muy simples basadas en una discontinuidad normalizada (ordenada según una cadencia o pauta) de algún estímulo sensible, y que se emplea con el único propósito de facilitar la transmisión a distancia de esos mensajes.

Todo esto que hemos aprendido del invento del Sr. MORSE es aplicable *mutatis mutandis* al peculiar código que está en la base de la tecnología que ahora mismo determina todas nuestras vidas: el código binario o de combinaciones de ceros y unos. Y es importante que los juristas nos preocupemos también por esto para entender el fenómeno tecnológico, cultural, social, económico y también jurídico de la digitalización. Pero antes de ocuparme de la digitalización, quiero hacer referencia a otra línea de evolución de la telecomunicación de extraordinaria relevancia histórica que se basa precisamente en tecnología analógica, en contraposición a la digital.

IV LA TELECOMUNICACIÓN ANALÓGICA

El sistema original de telegrafía eléctrica al que me acabo de referir evolucionó en un doble sentido. Por una parte, de la telegrafía por cable a la telegrafía sin hilos –*wireless*–, lo que daría lugar a la radiotelegrafía. Y por otra parte, de la transmisión de textos a la transmisión de la propia voz humana, ya fuera mediante cable –el teléfono– o sin hilos –la radio–. Posteriormente llegaría la televisión, es decir, la transmisión no sólo de la voz sino también de la imagen en movimiento, y ello tanto con cable como sin cable.

No voy a detenerme en la historia de todos estos cambios tecnológicos. Me limitaré a algunas observaciones en relación con ciertas implicaciones lógicas que considero relevantes para nuestro asunto.

Lo primero que debemos advertir es que la telefonía supuso una suerte de «desintermediación lógica» en contraste con la telegrafía. Ésta, como se desprende de lo antes explicado, requería dos codificaciones sucesivas del lenguaje humano para su transformación en una señal transmisible en forma de corriente eléctrica por un cable (o después, en forma de onda electromagnética por el aire). En primer lugar, el lenguaje oral humano –que es la forma originaria o primigenia de lenguaje, que se caracteriza por emplear esa señal de variación continua que es la onda de sonido de la voz- debía transformarse en lenguaje escrito, en texto, es decir, reflejarse en una secuencia de esos signos discretos que son las letras escritas sobre un papel, lo que suponía una primera codificación del mensaje. Obsérvese que este cambio de medio y de señal implica pasar de algo que acontece en el tiempo, la emisión y propagación del sonido de la voz, a algo que acontece y se materializa en el espacio, en ese entorno bidimensional que es una hoja de papel, donde las señales gráficas se ordenan o disponen espacialmente de una determinada forma (en nuestro entorno cultural, en renglones horizontales que deben leerse uno tras otro de arriba abajo, formados por caracteres agrupados en palabras que a su vez deben leerse de izquierda a derecha). Pero, además, la telegrafía exigía que ese texto escrito en caracteres alfabéticos fuera codificado en forma de puntos, rayas y espacios, es decir, en forma de impulsos eléctricos cortos y largos separados por pausas –otras tantas señales de carácter discreto-.

En contraste con esto, la telefonía y también la radio permitieron prescindir de esa doble codificación. La propia voz humana, el lenguaje oral (como cualquier otro sonido, como un carraspeo, un silbido, un estornudo, la melodía generada por un instrumento musical), gracias al transmisor telefónico o radiofónico, se podía transmitir directamente en forma de corriente eléctrica variable o de onda electromagnética. La onda sonora de vibración del aire se transformaba en otra modalidad de onda, la onda de corriente o carga eléctrica que discurre por un cable conductor o la onda electromagnética que se propaga por el espacio, cuya amplitud, longitud y frecuencia replicaban fielmente características físicas de la primera –por tanto, eran análogas a esta-. Y esa nueva forma de onda al llegar al aparato receptor de destino se volvía a transformar en una onda sonora similar a la que fue emitida en el lugar de origen.

No puedo dejar de señalar que más o menos por la misma época en que surge la telefonía, en torno al año 1870, THOMAS EDISON inventó algo también absolutamente revolucionario, que chocaba radicalmente con toda la experiencia humana anterior: la

fonografía, el registro permanente de un sonido en un soporte físico para hacer posible su reproducción en un momento posterior. Las formas de la onda de sonido se registran como minúsculas ondulaciones análogas de un surco en espiral grabado o impreso en la superficie de un cilindro o disco giratorio (lo que en inglés se llamó «record», es decir, «registro», una expresión mucho más interesante que la habitual entre nosotros – «disco»-, que alude a la forma física del objeto, pero no a su función). Para recrear el sonido, el registro se gira de manera similar mientras un lápiz o aguja de reproducción recorre el surco y, por tanto, vibra, reproduciendo débilmente el sonido grabado, que luego se amplifica.

Esto también era comunicación en sentido amplio, pero no entre lugares distantes, sino entre momentos separados en el tiempo. Y también sin necesidad de pasar por la escritura, que había sido hasta entonces el instrumento fundamental para que el pensamiento humano perdurase en el tiempo. Obsérvese lo importante y rompedor que es esto: por primera vez en la historia, el pensamiento humano podía quedar registrado de forma duradera en forma de voz, sin necesidad de plasmarse por escrito. Y otro tanto sucedía con la música: la peculiar codificación por escrito del ritmo y el tono en forma de partitura quedaba sustituida por el registro y reproducción de la misma ejecución sonora de una pieza musical.

Por otra parte, estas nuevas tecnologías -la telefonía, la fonografía, la radio- traían consigo no sólo esa aludida desintermediación que suponía prescindir de la escritura, sino también -y esto es extraordinariamente importante- una especie de fungibilidad del soporte material del pensamiento o de las creaciones espirituales humanas. La voz humana –la mismísima y personalísima voz que pronunció un ser humano- podía ir cambiando sucesivamente de forma y de medio, literalmente, metamorfoseándose. Lo que se originó como onda sonora se transforma en corriente eléctrica, y luego en una onda invisible que se propaga por el espacio, hasta ser recogida por un aparato que la vuelve a transformar en onda sonora, que aún después puede ser registrada en forma de surco grabado sobre la superficie de un disco, para volver a ser dentro de un tiempo otra vez onda sonora cuando se reproduce el disco. Hoy estamos tan acostumbrados a esto que nos cuesta darnos cuenta de lo asombroso que fue en su momento, de hasta qué punto trastocaba todo el marco intelectual más elemental de los seres humanos.

También me interesa señalar –en un plano más técnico- cómo estas nuevas tecnologías, en contraste con el telégrafo y su código de señales discretas, supusieron un retorno a la señal continua y a lo «analógico», a una señal cuya forma o patrón se asemeja a la forma propia del mensaje o información original que se transmite o registra.

La innovadora posibilidad de transmitir o de registrar en un soporte duradero este tipo de señales continuas y analógicas, más complejas que las simples discontinuidades discretas de la telegrafía eléctrica, hizo recapacitar a algunos sobre el hecho de que la telegrafía suponía simplemente un caso especial de aprovechamiento como señal de únicamente dos valores extremos de la amplitud de la onda eléctrica o electromagnética: encendido o apagado. Esto me lleva otra vez de vuelta al tema de la digitalización.

V. LA DIGITALIZACIÓN Y EL CÓDIGO BINARIO COMO *CHARACTERISTICA UNIVERSALIS*

«Digitalización», «transformación digital», «brecha digital» son expresiones que ahora mismo están en boca de todos y que ocupan un lugar destacado en muchas agendas políticas. Pero lo cierto es que, aunque se trata de algo que nos afecta a todos y de lo que tenemos una experiencia directa, no terminamos de percatarnos de su significado más profundo. La mayoría nos hemos quedado en la superficie de la innovación tecnológica, en la sustitución de unos aparatos o dispositivos por otros: del radiocasete al MP3, del vinilo al CD, del VHS al DVD, de la televisión analógica a la digital, del correo de papel al correo electrónico, de la telefonía por cable a la telefonía sin hilos... Y aunque nos resultan conocidos los cambios en los hábitos de vida y las consecuencias sociológicas, económicas y culturales más evidentes que ha traído consigo esta sustitución de tecnología, no terminamos de entender sus últimas implicaciones, lo que supone realmente el omniabarcante proceso de la «digitalización».

Así, cuando empleamos esta expresión solemos pensar en máquinas y quizá no nos percatamos de que la cuestión de fondo también es de naturaleza lógica. Así, tendemos a identificar lo digital con lo electrónico, y en particular con un determinado tipo de aparatos, cuando en realidad se trata de dos cuestiones relacionadas pero que debemos diferenciar, de la misma manera que una cosa es el código Morse y otra el telégrafo eléctrico. La digitalización, en puridad, es simplemente una forma de codificar la información, consistente en utilizar «dígitos», es decir, números, como símbolos o signos. Precisamente, en el mundo francófono se emplea un término mucho más expresivo que el nuestro para referirse a la tecnología digital: «numérique», es decir, tecnología numérica o de codificación numérica. Pero incluso ambas expresiones –digital o numérico– resultan demasiado genéricas. Porque la codificación numérica a que nos estamos refiriendo no emplea cualesquiera números, sino únicamente los signos propios del sistema de numeración binario, es decir, el 1 y el 0. Así, cuando empleamos hoy el término digital en lo que pensamos es en cadenas de ceros y unos. Eso sí, cadenas de ceros y unos que se nos presentan desplazándose a toda velocidad por una pantalla...

Esto último es sólo una metáfora visual muy vulgarizada y tópica, pero no por ello carente de importancia. Porque de lo que aquí se trata es precisamente de velocidad. ¿Por qué reducirlo todo a ceros y unos? Porque es precisamente eso lo que facilita de forma extraordinaria que sea la electricidad no sólo la que transmita información sino también que la procese o transforme, que haga operaciones con ella, que calcule o compute por nosotros, ¡a una velocidad próxima a la de la luz! Si me he detenido en la explicación del sistema Morse, ha sido porque nos puede ayudar mucho a entender lo que es la digitalización: en definitiva, algo parecido al Morse pero más simple, y con un potencial comunicador y operativo mucho mayor.

¿Por qué más simple? Porque el Morse utiliza varias señales: impulso corto o largo y pausas de diferente duración, mientras que el sistema digital binario utiliza sólo dos señales, consistentes en los dos posibles estados de cualquier elemento biestable discreto.

¿Qué es un «elemento biestable discreto»? Pues algo bastante sencillo: cualquier cosa del mundo físico que puede estar en dos estados o posiciones claramente diferenciadas: blanco/negro, alto/bajo, lleno/vacío, abierto/cerrado, encendido/apagado, carga eléctrica positiva/carga eléctrica negativa. Lo que no nos sirve son los grises, la penumbra y las gradaciones, los medio abiertos o medio cerrados o los medio llenos, todo lo que experimenta variaciones continuas de forma, cantidad, intensidad o matiz.

En relación con estos estados o posiciones contrapuestas de elementos biestables se suele hablar de ceros y unos, pero es muy importante que nos demos cuenta de que estos ceros y unos son sólo una forma convencional de representar gráficamente esos dos posibles estados contrapuestos, de la misma forma que los impulsos cortos y largos de la telegrafía Morse los representamos gráficamente en papel como puntos y guiones, algo que en sí es ajeno al funcionamiento de la máquina, y que sólo sirve para que los seres humanos nos aclaremos al codificar los mensajes. De hecho, representamos esas dos posiciones como ceros y unos, pero también podríamos hacerlo con cualesquiera otros símbolos: una x y una y, una casilla en blanco y otra negra o marcada con una x, con un punto, un guion, o una línea diagonal.

En cualquier caso, el empleo del 0 y el 1 como símbolos de un sistema binario de representación, transmisión y procesamiento de la información puede generar una confusión muy perturbadora para nuestro entendimiento de la tecnología digital. Precisamente porque los símbolos 0 y 1 se suelen emplear como numerales, es decir, símbolos mediante los que representamos números, podemos pensar que aquí también esos símbolos y sus combinaciones representan algún valor numérico, una cantidad de

algo. Y no es así. Una cosa es el sistema numérico binario y otra la codificación binaria en general. «Binario» quiere decir algo con sólo dos alternativas, cada una de las cuales no tiene por qué ser un número. Lo propio de la codificación binaria es utilizar únicamente dos marcas o señales, sean estas las que sean. O, dicho de otra forma, en este sistema el 0 y el 1 se tratan como simples signos tipográficos, que representan únicamente las dos posibilidades de una posición lógica biestable (y que se podrían sustituir, como he indicado, por cualesquiera otros dos signos tipográficos, como una coma, un signo de interrogación o una x).

Y esta «interpretación» puramente tipográfica o semánticamente neutra de estos símbolos es lo que a su vez permite que los ceros y unos y todas sus posibles combinaciones según el número de bits de que disponga nuestro sistema se puedan emplear para representar cualquier cosa, es decir, se conviertan en un instrumento representativo de alcance general o universal. Con ellos podemos representar, por supuesto, cantidades, pero también texto, en cualquier idioma, y también sonido e imágenes, tanto fijas como en movimiento, en definitiva, cualquier tipo de información. Esta representación requiere unos elementos físicos biestables cuyas posibles posiciones vamos a utilizar como señales (unos interruptores de corriente eléctrica abiertos o cerrados, unos corpúsculos magnetizados con carga positiva y otros con carga negativa, microsurcos en un disco grabados y legibles mediante un rayo láser), pero, además, por supuesto, un código, unas reglas que determinan cómo se combinan válidamente estas señales y qué significan cada una de las combinaciones válidas de estas. Aunque en este caso habría que hablar más bien de diferentes códigos, según el tipo de información de que se trate.

El sistema Morse al que me he estado refiriendo antes sólo servía para transmitir texto. Un código binario, por supuesto, también se puede emplear para transmitir texto. De hecho, esta fue su primera y más sencilla aplicación, como una alternativa al código Morse: en vez de emplear las cinco señales básicas de impulso corto, impulso largo, pausa corta, pausa media y pausa larga, se emplean sólo dos señales discretas: impulso y pausa, algo que es mucho más simple. Pero esto supone a su vez la necesidad de reconstruir el código entero, es decir, las combinaciones de señales correspondientes a los distintos caracteres alfanuméricos.

Fue la compañía Bell la que a mediados de los años cuarenta del pasado siglo comenzó el desarrollo de este código binario, basándose en un código de seis bits denominado Fieldata que a su vez tenía su antecedente en el código Baudot, que se utilizaba en una variante del telégrafo: el teletipo o teleimpresora, una especie de máquina de escribir con 32 teclas, que transformaba cada uno de los caracteres alfabéticos en una secuencia

de señales de longitud constante (a diferencia del código Morse). Esta iniciativa dio lugar a la publicación en el año 1963 del ASCII, que con algunas modificaciones es el código que actualmente utilizan nuestros ordenadores para escribir y registrar texto. Actualmente consta de 127 combinaciones de siete bits cada una.

¿Y de qué forma se asignan los códigos ASCII a los diferentes caracteres alfanuméricos? Pues es algo arbitrario y convencional. Por ejemplo, la letra a minúscula se representa como 1100001, el espacio en blanco como 0100000, el signo de exclamación ! como 0100001. ¿Por qué? Pues simplemente porque así se ha decidido, como se podía haber decidido cualquier otra cosa. De hecho, la representación de los números en ASCII no coincide con sus numerales en el sistema binario de numeración.

Me interesa señalar esto para dejar claro que la digitalización supone siempre y por definición la interposición de varias capas de código, lo cual jurídicamente es muy importante. Nuestro pensamiento se codifica en un lenguaje oral natural determinado – la lengua española-; las expresiones fónicas de este lenguaje se traducen o codifican en una sucesión de caracteres alfabéticos escritos propios del alfabeto latino junto con, en su caso, signos numéricos árabes, determinados signos de puntuación y espacios en blanco; a continuación cada uno de esos caracteres alfanuméricos, signos de puntuación y espacios se representa mediante una determinada combinación de ceros y unos; y por último, estos ceros y unos se plasmarán o registrarán mediante determinados elementos o posiciones físicas biestables, según el sistema técnico de comunicación o registro que estemos empleando (microsurcos en un disco, partículas con diferente carga magnética repartidas sobre una película). Esto es, como digo, muy importante cuando se pretenden utilizar herramientas informáticas en el ámbito jurídico y en concreto como instrumentos documentales, porque -a diferencia de lo que sucede con los textos escritos de la civilización del papel- el registro final de la información se materializa en algo que es inaccesible a la comprensión humana directa (hace falta una máquina electrónica muy sofisticada para «leer» semejantes señales); pero es que incluso la codificación simbólica intermedia en forma de ceros y unos es algo que muy pocos seres humanos son capaces de interpretar.

Por otra parte, -y esto es extraordinariamente importante- con una codificación binaria no sólo podemos representar texto, sino también sonido e imagen. Esto la verdad es que es un poco más complicado. Un texto escrito ya supone una codificación del fluido continuo de la voz mediante esas señales discretas que son las letras, luego digitalizar un texto supone traducir unos caracteres discretos en otras señales también discretas, en cadenas de ceros y unos, para lo cual basta con un código como el ASCII, que fije una correspondencia entre los símbolos discretos de uno y otro lenguaje. Sin embargo, la

codificación binaria del sonido o de la imagen es algo mucho menos evidente. El sonido es una onda, una vibración del aire. ¿Cómo convertimos eso en cadenas de ceros y unos representables mediante elementos físicos biestables? ¿Y las imágenes, que son líneas y formas en un plano bidimensional?

No voy a entrar en muchos detalles técnicos. Sólo diré que la forma de hacerlo es similar para toda información de tipo analógica o continua y es susceptible de una conceptualización de alcance general que luego podemos aplicar a los diferentes casos. De lo que se trata es de hacer un «muestreo» de la señal continua: ir tomando muestras a lo largo de su recorrido a pequeños intervalos de tiempo. A continuación, se cuantifica o mide numéricamente la posición o el valor de cada una de las muestras individuales tomadas, lo que supone asignarle un valor definido por aproximación dentro de una escala finita de valores (en este preciso momento de la cuantificación es cuando pasamos de lo continuo a lo discreto, como cuando con una regla medimos la longitud de una línea). Y por último, se traduce o codifica en binario ese valor discreto de cada muestra. De esta manera, esa vibración del aire que es el sonido y que representamos gráficamente de forma analógica como una línea continua ondulada la podemos representar mediante un tren o cadena de sucesivas combinaciones de ceros y unos, que representan a su vez los sucesivos puntos y valores discretos en que hemos descompuesto esa onda. Por supuesto que cuantas más muestras tomemos, cuantifiquemos y codifiquemos por unidad de tiempo (frecuencia o tasa de muestreo) y cuantos más datos o información empleemos para definir cada muestra (amplitud de muestreo o profundidad de bits), más precisa y nítida será la reproducción digital de la señal continua.

Tratándose de la digitalización del sonido, la frecuencia de muestreo de la onda sonora se mide en hertzios -un hertz o hertzio es una muestra por segundo-; y la profundidad de las muestras, por el número de bits. Los CD suelen registrar el sonido a 44,1 khz, es decir, 44.100 muestras por segundo, y con una amplitud o profundidad de 16 bits, lo que quiere decir, que a cada muestra se le puede atribuir un tono de entre 216, es decir, 65.536 posibles tonos.

Por supuesto, todo esto carece de sentido si no existe al otro lado del canal un aparato capaz no sólo de recibir la señal discreta emitida sino también de realizar el mismo proceso, pero a la inversa: reconstruir la señal analógica partiendo de la señal discreta recibida.

En el caso de la reproducción digital de imágenes fijas, lo que se hace es descomponer esa imagen con sus infinitas gradaciones tanto de tono cromático como de luz y sombra

en una especie de mosaico, matriz o cuadrícula formada por la intersección de líneas horizontales y columnas verticales. Cada uno de los puntos o teselas que resultan de esta matriz es un «píxel», cuya posición y cuyo valor tonal diferenciado de color y luz podemos cuantificar y codificar en binario. Cuanto mayor sea el número de píxeles que componen la imagen (es decir, de «muestras» que tomamos de la señal continua) más nítida será la reproducción. Como también será más matizada cuanto mayor sea el número de grados o valores que puede asumir un píxel. Obsérvese que, si solo disponemos de un bit por píxel, por elevado que sea el número de píxeles, cada uno de ellos sólo podrá tomar dos valores: blanco o negro, o dos tonos cualesquiera de gris o de color (según cómo codifiquemos). Sin embargo, si asignamos dos bits a cada píxel, ya podemos codificar cuatro tonos diferentes: 00 representa el blanco, 11 representa el negro, y con 01 y 10 representamos dos tonos diferentes de gris. Con ocho bits, es decir, un byte, por píxel – que es una medida estándar de calidad de reproducción de imagen-, ya disponemos nada menos que de 28, es decir 256 tonos diferentes por píxel. Y con dieciséis bits pasaríamos a 65.536 tonalidades, una paleta casi infinita. De esta manera, combinando la cantidad o frecuencia de muestras y la profundidad de bits por muestra incrementamos la cantidad total de información relativa a una imagen que somos capaces de captar, transmitir y reproducir.

En cuanto a las imágenes en movimiento, se trata simplemente de registrar y reproducir los sucesivos estados de la matriz de píxeles a intervalos muy pequeños de tiempo de forma similar a como hace la cinematografía: la proyección veloz de una secuencia de fotografías (entre 15 y 29 imágenes fijas por segundo) produce en nuestro cerebro la ilusión visual de la imagen en movimiento.

Esta última observación es especialmente relevante, porque el juego con la limitación de la percepción humana no es algo exclusivo ni del cine ni del vídeo, sino un rasgo genérico definitorio de la tecnología digital, en la medida en que lo propio de ésta es el uso de una señal numérica discreta para transmitir información relativa a una señal continua. Así, que lo que percibe el destinatario de la comunicación se parezca a una señal continua (el flujo de una voz humana, la melodía que genera un instrumento musical, la unidad y la suavidad de las transiciones de una imagen natural) es una consecuencia de las aludidas frecuencia y profundidad de muestreo, pero también del hecho de que nuestro aparato sensorial y nuestro cerebro fusionan naturalmente una sucesión de estímulos discretos para dar como resultado una percepción continua e indiferenciada.

Esto nos lleva a su vez a otra observación importante. En la medida en que esta limitación de la percepción humana (que nos hace oír o ver como continuo lo que en realidad es discreto) ofrece un margen bastante amplio, es posible una compresión, reducción o

poda de la señal digital que no comprometa gravemente la calidad de la información transmitida y recibida, todo ello en la línea de los estudios cuantitativos de la comunicación que inició el citado Claude Shannon. Así, teniendo en cuenta que una gran parte de la señal digital puede ser redundante, es posible un aprovechamiento más eficiente de la capacidad del canal mediante la reducción del tamaño total de la señal sin que ello implique una merma de la cantidad de información útil transmitida (esta es precisamente la base de la tecnología MP3 que revolucionó la industria musical y que, por cierto, casi ha acabado con ella).

En cualquier caso, si me he detenido en explicar todo esto es simplemente para que el lector se dé cuenta de cómo la codificación binaria se convierte en una forma de lenguaje universal que permite la representación, a efectos tanto de comunicación como de registro y conservación, de absolutamente todos los productos del espíritu humano: cualesquiera textos de lenguaje escrito, pero también la voz humana, la música, el sonido y las imágenes, fijas o en movimiento, planas o incluso tridimensionales. Y esta forma de lenguaje y representación -además de la universalidad de su posible objeto o contenido-, se caracteriza por tres rasgos de extraordinaria relevancia.

En primer lugar, la posibilidad de emplear los medios físicos más sutiles y veloces para la transmisión de las señales: la electricidad que se transmite por un cable conductor, unos pulsos de luz que se conducen por un cable de fibra óptica o las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio a la velocidad de la luz. Obsérvese al respecto que cualquier información que se propaga en forma de onda se puede digitalizar mediante su muestreo según acabo de indicar, pero, además, cualquier tipo de onda, en particular las electromagnéticas, se puede emplear como vehículo de transmisión de información digitalizada si se atribuye a dos posiciones claramente diferenciadas de amplitud de la onda o a dos frecuencias de onda también claramente diferenciadas la condición de señales de representación del 0 y el 1, respectivamente.

Un segundo y fundamental rasgo de la digitalización es la facilidad que trae consigo, precisamente por la simplicidad de sus señales, para automatizar o mecanizar el procesamiento de la información, y ello en la medida en que el código binario es el lenguaje más apropiado para las máquinas electrónicas. Estas, en último término, no son más que un conjunto de circuitos, en línea o en paralelo, y de interruptores. Y fue precisamente el tantas veces citado Claude Shannon (con tan solo 21 añitos, en la tesis que presentó para obtener la maestría en ingeniería en el MIT en el año 1938 con el sorprendente título: Un análisis simbólico del relé y los circuitos de conmutación, que es considerada por muchos la tesis doctoral más relevante del siglo XX) el primero que se dio cuenta de que era posible utilizar esos elementos físicos para ejecutar operaciones

de lógica o álgebra booleana -que es precisamente una lógica de base binaria, de ceros y unos-, lo que es precisamente el origen intelectual de toda nuestra tecnología informática. De manera que el código binario ha dado lugar a esa confluencia a la que ya me he referido entre telecomunicación y computación que caracteriza nuestro tiempo. Incluso hay quien piensa que nuestro propio cerebro humano opera en binario.

Y, por último, pero no menos importante, lo que se pierde en matices, gradación y continuidad se gana en precisión, nitidez y discernimiento claro, en resistencia a las interferencias y al ruido. O dicho de otra forma, la simplificación o esquematización extrema de la señal que resulta de la codificación digital binaria (simples cadenas de ceros y unos, dos marcas perfectamente diferenciadas, sin gradaciones ni ambigüedades o confusiones entre ellas) trae consigo una extraordinaria facilidad para el registro, la transmisión, la conservación y la reproducción fiel de la información codificada. En particular, la digitalización de la señal permite la multigeneración infinita sin pérdida de calidad.

Así, la digitalización es la condición que opera como motor para el incremento exponencial de la cantidad de información que somos capaces de generar, transmitir, procesar, conservar y copiar. En el siglo XVII el filósofo LEIBNIZ se propuso crear una *Characteristica Universalis*, es decir, un sistema de notación, de caracteres, que sirviera para expresarlo todo, como forma de hacer posible una comunicación de todos los seres humanos más clara, sin ambigüedades ni malentendidos. Hoy lo más parecido a eso que soñó Leibniz es el código binario, que se ha convertido en el fundamento mismo de lo que conocemos como Sociedad de la Información, de la peculiar forma que ha adoptado la civilización humana en nuestro tiempo presente.

VI. LA DIGITALIZACIÓN Y EL DOCUMENTO JURÍDICO

Y concluyo con dos breves observaciones sobre las implicaciones jurídicas de todo lo que acabo de exponer, en particular, en el ámbito del derecho documental.

En primer lugar, debemos asumir que la escritura sobre papel es un fenómeno histórico, contingente, una tecnología entre otras, a la que no podemos dar un significado necesario o sustancial. En el fondo, el derecho es pensamiento, información, datos -quién es propietario de algo, quién tiene derecho a qué, qué ha declarado o querido alguien a cuya voluntad reconocemos relevancia-. Si es así, si la técnica nos ofrece hoy formas más eficientes de comunicar, registrar y conservar la información, que además están ya absolutamente generalizadas en nuestra sociedad, y si el fenómeno de la información es hoy mucho más amplio de lo que fue en el pasado, los juristas no

podemos vivir de espaldas a esta realidad, no podemos vincular nuestro destino a la tecnología del papel.

En segundo lugar, partiendo de lo anterior, hemos de ser también conscientes de que lo que tenemos ante nosotros no es un simple cambio de soporte: antes escribíamos con tinta sobre papel y ahora escribimos con un dispositivo electrónico que ejecuta un programa de procesamiento de texto cuyo resultado se registra en un disco óptico o magnético. Jurídicamente no es un cambio irrelevante, no es como cuando se pasó de la letra manuscrita a la mecanografía. La digitalización de la información da lugar a tres circunstancias jurídicamente muy relevantes:

i) La desmaterialización del documento. El documento tradicional de papel es una cosa material -una determinada hoja de papel escrita-, de manera que el documento sigue la suerte de esa concreta cosa material. Sin embargo, la información registrada en forma de una determinada cadena de ceros y unos se hace independiente de un concreto sustrato o soporte material, puede cambiar de soporte sin cambiar su identidad. Así, la codificación en binario de un concreto archivo en formato PDF puede estar registrada en una cinta magnética o en un DVD, luego en un disco duro sólido, más tarde discurre por un cable de red o se propaga por el espacio en forma de onda electromagnética. Y es el mismo archivo PDF el que se hace físicamente perceptible mediante esa variedad de soportes, alguno de ellos tan etéreo como una onda. Desaparece por tanto esa inherencia entre un texto y un determinado trozo de materia que era definitoria del documento jurídico tradicional (y que condicionaba su específico régimen jurídico: la relevante distinción entre original y copia, el empleo de la firma manuscrita adherida físicamente al papel como instrumento de autenticación). Soporte material más o menos duradero al final siempre ha de haber, porque en otro caso la información se terminaría perdiendo. Pero en la relación entre una determinada información digitalizada y su soporte, éste pasa a ser fungible, sustituible.

Esta primera circunstancia supone que utilizar un archivo digital como forma de un documento jurídico es algo que facilita extraordinariamente la movilidad del documento (puede transmitirse en un instante a prácticamente cualquier lugar del mundo donde haya conexión a internet sin variación alguna en cuanto a su contenido) y también su conservación (en cuanto que se pueden conservar en distintos soportes de forma simultánea un gran número de registros o ejemplares del mismo archivo). Pero también suscita importantes problemas de seguridad con relevancia en el ámbito jurídico. La pregunta más elemental es: ¿estos nuevos soportes garantizan la conservación duradera en el tiempo que requiere la información con trascendencia jurídica? Pero hay más cuestiones. ¿Cómo identificar un concreto documento, cuando éste, en formato

electrónico, es susceptible de una infinidad de instanciaciones o materializaciones, de manera que su identidad no es material sino lógica? ¿Cómo sabemos, a la vista de un formato tan volátil y evanescente, que el contenido del documento no ha sido alterado, que es el mismo que procede de una determinada fuente? O dicho de otra forma, ¿cómo garantizar la integridad y autenticidad del documento digital? Obsérvese que la alteración de un texto grabado en piedra requiere el empleo de una cantidad considerable de energía. Si el mismo texto se incorpora a un documento de papel, la propia materialidad individual de la hoja de papel que le sirve de soporte identifica un concreto documento, y la unión física inextricable entre los trazos de tinta y la fibra del papel garantiza la identidad del contenido. En contraste con ello, la modificación de un texto en formato digital es algo mucho menos costoso y mucho más difícil de detectar.

Al perderse la materialidad del papel, las garantías ligadas a esta también se pierden y hay que plantear esta cuestión de la identidad, integridad y autenticidad del documento en términos completamente diferentes. Hay que valerse para ello de unos instrumentos específicos, precisamente de tipo lógico: las herramientas criptográficas (que, a su vez y por su propia naturaleza, suscitan cuestiones jurídicas muy diferentes de las que se han venido planteando en relación con la firma manuscrita de los documentos de papel).

Por otra parte, la facilidad de circulación y de copia del documento en formato digital genera también un grave problema de confidencialidad. Una información desmaterializada como es un PDF que viaja en forma de onda por el espacio o por una red abierta como es internet es susceptible de ser interceptada fácilmente por terceros sin legitimación para acceder a su contenido. Además, la sustracción de información desde donde esta se encuentra depositada en formato digital se puede realizar mediante la generación y envío de una copia sin necesidad de que el archivo copiado se vea alterado ni desaparezca del depósito donde se encuentra guardado, de manera que ese acceso y copia ilegítima podrían pasar desapercibidos. Un lugar común de las películas de espionaje o intriga es esa emocionante escena en la que uno de los personajes ha conseguido penetrar hasta el lugar donde se custodia físicamente una valiosa o comprometedor información y cuenta con muy poco tiempo para apoderarse de ella. Según la antigüedad de la película, el espía sustrae una o varias hojas de papel contenidas en una carpeta (que en ocasiones sustituye por otras hojas que trae preparadas al efecto); o bien -como se trata de una oficina-, tiene a mano una providencial máquina fotocopidora o incluso un fax y procede a copiar atropelladamente cada una de las hojas, que luego vuelve a dejar en su sitio, llevándose consigo las fotocopias o transmitiendo las copias por telefax; o por último, en las más recientes, lo que se copia no son hojas de papel sino archivos informáticos desde un ordenador a un pequeño soporte portátil, o mejor aún, se transmiten directamente a un servidor o equipo remoto

mediante internet. Como es evidente, en estas últimas versiones de la sempiterna escena todo sucede más rápido: la tensión de la copia hoja a hoja en el cubículo de la fotocopidora da paso a la pantalla de un ordenador que muestra una barra de progreso de la copia o del envío que no avanza con la velocidad que desearían el protagonista y los espectadores. También es propio de estos últimos casos que el acceso a la ansiada información requiere la superación de alguna forma de cifrado de esta, de manera que nuestro espía debe aunar las tradicionales habilidades gimnásticas con las competencias propias de un hacker y de un criptoanalista. Precisamente, esta inherente debilidad del formato digital frente a accesos ilegítimos da lugar a la necesidad de esas herramientas criptográficas a las que me refería antes no como medio de autenticación sino como específico instrumento de protección de la confidencialidad.

ii) La necesaria intermediación tecnológica en la relación del hombre con el documento electrónico. El sistema de representación y registro de la información en que consiste la digitalización es mucho más complejo que es el que es propio de la escritura sobre papel. Así, frente a la relación más directa de los seres humanos con los documentos de papel y su contenido (como objetos que incorporan una información codificada en lenguaje natural escrito, directamente accesible para cualquiera que disponga del sentido de la vista, conozca el idioma empleado y tenga una cierta capacidad intelectual y cultura), el acceso a un archivo digital y a su contenido siempre está intermediado y depende de una tecnología extraordinariamente sofisticada, de la disponibilidad de unos determinados aparatos electrónicos y programas informáticos y también, por supuesto, de corriente eléctrica. En particular, como ya señalé antes, lo propio de la digitalización es el empleo de varias capas de código, siendo la última de ellas, la que denominamos «código máquina», completamente inaccesible a la comprensión humana directa. Esta peculiar circunstancia técnica inherente a esta tecnología genera la necesidad de una «interfaz», de un sistema de comunicación entre el hombre y la máquina, que puede ser cualquier cosa menos transparente y que puede dar lugar a una infinidad de problemas jurídicos, en particular cuando se pretende que un archivo electrónico sea la forma o la prueba de un negocio jurídico.

iii) Y por último, la digitalización va de la mano de lo multimedia. La versatilidad del código binario permite que los soportes digitales puedan registrar no sólo texto o imágenes fijas, como es propio del papel, sino también sonido e imágenes en movimiento.

Hasta ahora, los protocolos notariales, en cuanto tienen el formato de libros integrados por hojas de papel, pueden incorporar texto y también imágenes como planos, fotocopias de cheques, fotografías impresas o adheridas a papel, pero, por supuesto, no

pueden incorporar sonido, ni imágenes en movimiento, es decir, grabaciones de vídeo. Información de esta naturaleza sólo puede ser «notarializada» mediante el depósito de los correspondientes soportes físicos (una cinta, un disco, un pendrive) en poder del notario con constancia en el acta de depósito correspondiente, pero no pueden formar parte directamente de un documento notarial. Sin embargo, una vez que se plantea la posibilidad de un documento notarial digital o electrónico, es técnicamente posible que este incorpore contenidos de audio o de vídeo en formato digital. Semejante posibilidad podría llevar a un replanteamiento de la tradicional «literalidad» del documento jurídico, es decir, la vinculación entre documento y escritura.

Todo esto que acabo de indicar creo que pone suficientemente de manifiesto cómo los juristas tenemos todavía por delante una tarea muy ardua de reflexión sobre las implicaciones jurídicas de la revolución documental que estamos viviendo, y que no ha hecho más que empezar. Hablar al respecto de «equivalencia funcional», de equiparación de efectos jurídicos de unos y otros tipos de documentos, y quedarnos satisfechos con ello, no deja de ser un ejercicio de optimismo, por no decir de simplismo. Lo que más bien deberíamos hacer es profundizar en la «naturaleza de las cosas» tecnológicas para estar a la altura del reto que como juristas tenemos ante nosotros.

BIBLIOGRAFÍA

ANTOGNAZZA, Maria Rosa, *Leibniz. An intellectual biography*, Cambridge University Press, 2012.

CARABENTES LÓPEZ, Manuel, *Inteligencia Artificial: Una perspectiva filosófica*, Escolar y Mayo Editores, 2016.

ESQUILO, *La Orestía, Agamenón, Tragedias Completas*, traducción de José Alsina Clota, Ediciones Cátedra, 1998.

GLEICK, James, *La información. Historia y realidad*, traducción de Juan Rabasseda y Teófilo de Lozoya, Crítica, 2012.

PLATÓN, *Fedro*, traducción de Emilio Lledó, Editorial Gredos, 2010.

SHANNON, Claude y WEAVER, Warren, *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, 1949.

TEGMARK, Max, *Vida 3.0*, traducción de Marcos Pérez Sánchez, Taurus, 2018.

TOULMIN, Stephen, *Cosmópolis. El trasfondo de la modernidad*, traducción de Bernardo Moreno Carrillo, Ediciones Península.

VALLEJO MOREU, Irene, *El infinito en un junco. La invención de los libros en el mundo antiguo*, Siruela, 2019.

Fecha de recepción: 22.04.2023

Fecha de aceptación: 22.11.2023