

INFLUENCIA Y EVOLUCIÓN DE INTERNET EN LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA Y SUS FUENTES

Influence and Evolution of the Internet in the Communication of Science and its Sources

Dr. Álex FERNÁNDEZ MUERZA

Profesor Ayudante Doctor de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España

E-mail: alex.muerza@ehu.es

 <https://orcid.org/0000-0002-0219-3534>

Fecha de recepción del artículo: 11/06/2022

Fecha de aceptación definitiva: 05/09/2022

RESUMEN

Internet es un invento que ha revolucionado las comunicaciones y la historia de la civilización humana. Los científicos - hablando de manera amplia- han sido los pioneros, creadores y usuarios tempranos de los distintos avances de la Red, y han posibilitado que posteriormente se extendieran al resto de la sociedad. En este artículo se muestra cómo Internet se ha convertido en una herramienta básica ya desde sus orígenes para la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes, influyendo y mejorando su labor. Los comunicadores de ciencia, divulgadores o periodistas han aprovechado desde el principio las diferentes herramientas y aplicaciones que han ido surgiendo en la evolución de la Red: desde la Internet «veterana» (correo electrónico, web, listas de correo, foros de debate, etc.) hasta la Web 2.0 (blogs, wikis, redes sociales, *podcasts*, *streaming*, etc.). Asimismo, se apuntan las posibilidades de la virtualización (*cloud computing*, realidad virtual y aumentada, metaverso) para marcar el presente y futuro de Internet.

Palabras clave: Internet; comunicación; ciencia; divulgación; periodismo; fuentes.

ABSTRACT

The Internet is an invention that has revolutionized communications and the history of human civilization. Scientists —broadly speaking— have been the pioneers, creators and early users of the different advances of the Internet and have made it possible for them to later spread to the rest of society. This article shows how the Internet has become a basic tool since its origins for the Communication of Science and its sources, influencing and improving its work. From the beginning, science communicators or journalists have taken advantage of the different tools and applications that have emerged in the evolution of the Internet: from the "veteran" Internet (email, web, mailing lists, discussion forums, etc.) to Web 2.0 (blogs, wikis, social networks, podcasts, streaming, etc.). Likewise, the possibilities of virtualization (cloud computing, virtual and augmented reality, metaverse) are pointed out to mark the present and future of the Internet.

Keywords: Internet; communication; science; popularization; journalism; sources.

1. Introducción

Internet - un canal digital, hipertextual, instantáneo, actualizable, ampliable, global, multisoporte, interactivo, personalizable y multimedia- es idóneo para la Comunicación de la Ciencia (incluidos también de forma amplia la tecnología, la salud y el medioambiente): De manera muy económica, se puede utilizar para publicar tanto artículos científicos como divulgativos, informativos o de opinión, por lo que se puede llegar tanto a públicos muy especializados como a la sociedad en general.

El crecimiento y transformación de Internet es cada vez más rápido. Un ejemplo es el soporte por el que los internautas se conectan. Si hace unos pocos años un ordenador de sobremesa era prácticamente la única manera de acceder a la red, hoy en día los soportes e interfaces son cada vez más diversos: tabletas, teléfonos, televisores o altavoces «inteligentes», libros electrónicos, sistemas y dispositivos de realidad virtual y aumentada (de los que se nutre el actual «Metaverso»), etcétera. En este sentido, en la actualidad, el 92,5% de los usuarios españoles utilizan el teléfono móvil para conectarse a Internet, siendo desde 2015 el principal dispositivo de acceso a Internet, según la última encuesta anual «Navegantes en la red» de la Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (AIMC), la cual elabora el Estudio General de Medios (EGM) (AIMC, 2021).

Los canales, los lenguajes, se funden, se hibridan, y se manejan constantemente nociones como hipertextualidad, multimedia o movilidad. Los medios de comunicación «tradicionales», es decir, la prensa, radio y televisión, han incorporado Internet a sus procesos de trabajo y de comunicación. A lo largo de los últimos años, han intentado algo más que trasladar lo publicado en sus soportes originales, para ofrecer también contenidos exclusivos y pensados para las características de Internet.

La sociedad consume cada vez más contenidos por Internet, y los de ciencia no son una excepción. Según el informe 'Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España', publicado en 2021 por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), aunque la televisión sigue siendo el principal medio para informarse sobre cuestiones de ciencia y tecnología (el 72% de los encuestados la utiliza), el 61% de la población manifiesta que se informa por internet sobre ciencia y tecnología, principalmente por redes sociales y a través de medios generalistas en su versión digital (FECYT, 2021).

Internet ya no es una «nueva tecnología», es un canal de presente, pero sobre todo es el futuro, como se comprueba al fijarse en sus usuarios por edades. Siguiendo con el informe de la FECYT, su uso como fuente informativa ha aumentado desde 2010 más de 10 puntos y supera a la televisión entre personas de 15 a 34 años. En concreto, las redes sociales son las más utilizadas.

Evidentemente, además de las ventajas, Internet también tiene inconvenientes, o dicho de una manera más positiva, varios desafíos: es la primera fuente de información científica, pero también de pseudociencia, algo especialmente peligroso y preocupante como se ha visto recientemente con la crisis sanitaria mundial del coronavirus COVID-19. La posibilidad de ser manipulados y hasta chantajeados ante el incremento de fuentes y contenidos es por tanto mayor. Saber discernir entre los buenos y malos contenidos, entre buenas y malas fuentes, entre noticias reales y *fake news* (paparruchas en nuestro idioma) se hace por tanto fundamental. La labor del comunicador, periodista o divulgador de ciencia - discernir con criterio y rigor entre los buenos y los malos contenidos - se convierte en este contexto en algo

esencial y cada vez más necesario para la sociedad. En definitiva, como afirmaba Pérez (2012):

Hay que hacer uso de todo tipo de medios y soportes, utilizando materiales específicos para cada uno de ellos. Y es importante ensayar formatos nuevos, porque estamos asistiendo a la eclosión de modalidades de difusión de la ciencia que pueden proporcionar excelentes resultados.

2. Objetivos

El presente trabajo se concibe con el objetivo general de conocer cómo Internet ha sido -y es- una herramienta básica para la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes desde sus orígenes. A partir de ahí, los objetivos concretos son indicar el papel de la comunidad científica en la creación y uso pionero de Internet y sus posteriores desarrollos; analizar la evolución tecnológica de Internet y su influencia en la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes; apuntar las posibilidades de la virtualización (*cloud computing*, realidad virtual y aumentada, metaverso) para marcar el presente y futuro de Internet; y realizar propuestas para la mejora de la Comunicación de la Ciencia en Internet.

3. Aparición de Internet y su impacto en la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes

En la página web «Breve historia de Internet», algunos de los considerados «padres» de este invento, que ha revolucionado las comunicaciones y la historia de la civilización humana, Barry M. Leiner, Vinton G. Cerf, David D. Clark, Robert E. Kahn, Leonard Kleinrock, Daniel C. Lynch, Jon Postel, Larry G. Roberts y Stephen Wolff, explican los hitos que dieron lugar a su creación y desarrollo. Estos pioneros apuntan que la primera descripción registrada fue «una serie de memorandos» escritos por J.C.R. Licklider, del MIT¹, en agosto de 1962, en los que describe su concepto de «Red galáctica» («Breve historia de Internet», s.f.). Licklider era el director del programa de investigación informática de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA en sus siglas inglés), perteneciente al Departamento de Defensa de Estados Unidos. Mientras estaba en dicha agencia gubernamental, convenció a sus sucesores de la importancia de desarrollar su concepto de red. Así surgió Arpanet, una red de computadoras que tomó forma en 1969 como sistema de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales del país, y que se considera el germen de la actual Internet.

En este sentido, la ciencia, la comunidad científica, es la protagonista e impulsora del origen y avance de Internet y de sus diferentes desarrollos, siendo sus primeros usuarios avanzados, como se mostrará a lo largo de este artículo. Los científicos - hablando de manera amplia- han sido los pioneros, creadores y usuarios tempranos convencidos de la Red, de sus aplicaciones en campos muy diversos, incluido el de la comunicación: los «*innovators*» y «*early adopters*» (utilizando la jerga tecnológica) de Internet.

1. El MIT son las siglas del Massachusetts Institute of Technology, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (EE UU). <https://www.mit.edu/>

En lo que respecta a la Comunicación Científica, Internet se convirtió en una herramienta básica ya desde sus orígenes, como apuntaban en 2002 los investigadores Javier Díaz Noci y Koldo Meso: «Es el campo del conocimiento humano que más se va a beneficiar – se está beneficiando ya – de las ventajas de la edición electrónica y de la transmisión de la información por redes telemáticas» (Díaz Noci y Meso, 2002).

En concreto, Internet transformó de manera temprana el día a día de los comunicadores de ciencia. Los periodistas científicos encuestados por Carmen del Puerto en su tesis aseguraban, ya en 1999, que se trataba de «un canal que facilita enormemente el acceso a la información y por supuesto a sus fuentes» (Del Puerto, 1999). Por su parte, un trabajo publicado en el año 2000 por un equipo de investigadores de la Universidad de Salamanca para conocer el impacto de Internet en el periodismo científico en España concluía que los periodistas científicos consultados ya utilizaban Internet, el correo electrónico y las publicaciones electrónicas de manera habitual (Núñez et al., 2000).

Las revistas científicas revisadas por pares, el canal de comunicación y publicación de los avances de la comunidad investigadora por antonomasia, también se han visto afectadas desde la irrupción de Internet. Por un lado, porque la han aprovechado para ampliar y mejorar su publicación. *Nature* es un claro ejemplo de esta adaptación a Internet, la cual no solo ofrece en su página web sus artículos científicos, sino también contenidos más divulgativos, y utiliza o ha utilizado otros recursos de comunicación digitales, como la tecnología de *podcast*² de la que se hablará más adelante, para tratar de alcanzar públicos más amplios.

Por otro lado, porque Internet ha posibilitado poner en cuestión el modelo editorial - y económico - de estas revistas. Así, se han creado las revistas de acceso libre («Open Access») y los denominados ‘pre-prints’, artículos científicos que se saltan la revisión de pares de las revistas científicas clásicas. En uno de los primeros artículos sobre el tema, Dídac Martínez apuntaba:

La comunidad académica y científica debe recuperar el control de la difusión y acceso al nuevo conocimiento que surge de sus instalaciones y sobre todo del pensamiento y de la creación de sus miembros y apostar por el acceso libre. Con Internet tiene grandes oportunidades de hacerlo (Martínez, 2003).

Las fuentes de referencia en la Comunicación de la Ciencia, las fuentes oficiales -léase universidades, centros de investigación, empresas científico-tecnológicas, etcétera- han sido también en muchos casos pioneras en el uso de Internet. La agencia espacial estadounidense (NASA), considerada tradicionalmente una institución de referencia en la Comunicación de la Ciencia a nivel internacional, es un claro ejemplo de aprovechamiento de Internet desde sus orígenes, con la publicación en la Red de una gran diversidad de iniciativas y recursos multimedia de todo tipo³. En España, una institución relacionada también con las Ciencias del Espacio, el Instituto Astrofísico de Canarias (IAC)⁴, fue una de las primeras en el empleo de Internet para fines

2. Nature Podcasts. <https://www.nature.com/nature/articles?type=nature-podcast>

3. Es de resaltar el esfuerzo de dirigirse a públicos muy diversos, desde niños, con webs como «NASA Kids Club» (<https://www.nasa.gov/kidsclub/index.html>), hasta los hispanohablantes, con «Ciencia de la NASA» (<http://ciencia.nasa.gov>).

4. <http://www.iac.es>

comunicativos. Por su parte, los museos de ciencia, instituciones con una clara vocación de popularización científica, también buscaron en Internet de manera temprana un foro público de comunicación más, como puede verse en el listado web de «Enlaces de la ciencia» del Servicio de Información y Noticias Científicas (Agencia SINC)⁵ de la FECYT.

En este sentido, los comunicadores y consumidores de contenidos de ciencia han visto cómo se ha multiplicado el acceso a estas fuentes. Por ello, han sido importantes las iniciativas que, desde la comunidad científica, han intentado agrupar estos contenidos en lugares fiables, ¡como EurekaAlert!⁶, de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS en sus siglas en inglés); AlphaGalileo⁷ iniciativa del Gobierno del Reino Unido centrada en la investigación europea; o la citada SINC⁸.

4. Evolución de Internet y su influencia en la comunicación de la ciencia

Las tecnologías de la información y de la comunicación que constituyen Internet llevan con nosotros más tiempo de lo que se piensa o recuerda. Este apartado se centrará en la evolución de estos sistemas y su uso e influencia en la comunicación de la ciencia y sus fuentes.

4.1. Internet «veterana»: e-mail y listas de correo, web o foros de debate

La primera versión del e-mail, o correo electrónico, se inventó en 1965 en el MIT como parte de un sistema de dicha institución para que su comunidad académica pudiera compartir archivos y mensajes desde terminales remotos (Van Vleck, 2001). No obstante, el desarrollo inicial de los modernos servicios de correo electrónico de Internet se remonta a los orígenes de Arpanet, citada anteriormente. En ella el programador informático estadounidense Ray Tomlinson concibió el método de enviar correos electrónicos entre diferentes computadoras, presentando el signo "@", la arroba, (at en inglés con esa idea de ubicarlo en una dirección) y mandando, en 1971, el considerado primer e-mail (Vela, 2022).

El correo electrónico nació en un primer momento como una herramienta limitada a científicos y expertos informáticos de organizaciones de investigación, y ha acabado convirtiéndose en un sistema de comunicación básico para todos los internautas. A ello contribuyeron diversas empresas, como Lotus Software y su Lotusmail, Microsoft y su Outlook, FirePower Systems y su Hotmail, Google y su Gmail, etcétera. La popularización de los teléfonos inteligentes, con los pioneros Blackberry de la empresa RIM en 2003, y el iPhone de la compañía Apple en 2007, añadieron la facultad de la movilidad

5. http://www.agenciasinc.es/Enlaces-de-la-ciencia/%28filtro%29/-Museos_y_planetarios#enlaces_ciencia

6. <http://www.eurekaalert.org>

7. <http://www.alphagalileo.org>

8. Sus responsables acaban de poner en marcha Science Media Centre España (<https://scien-cemediacentre.es/>) «una oficina independiente que ofrece a los medios recursos, contenidos fiables y fuentes expertas para cubrir la actualidad relacionada con la ciencia», según se explica en la propia página.

y la accesibilidad para popularizarlo. De esta manera, y cinco décadas después de su creación, el correo electrónico sigue siendo utilizado de forma generalizada.

Las listas de correo electrónico permiten la distribución de mensajes entre múltiples usuarios de forma simultánea. De esta manera, cuando uno de sus usuarios manda un mensaje a la dirección de la lista llega a todas las personas inscritas en ella. Al igual que se verá con los foros de debate, son muy útiles para intercambiar información o debatir de temas muy concretos o específicos, como pueden ser los del ámbito científico-tecnológico, entre expertos y personas con intereses comunes. Uno o varios administradores o moderadores de la lista gestionan las altas y bajas de los usuarios (aunque algunas se realizan de forma automática), y que haya un correcto uso de la misma (la denominada «netiqueta»).

Las listas de correo electrónico fueron muy populares a finales de la década de los 90 del siglo XX, pero con la irrupción de otros canales y sistemas de comunicación digital fueron perdiendo peso o desapareciendo. No obstante, en la actualidad algunas de ellas siguen en funcionamiento, posibilitando su uso a una gran cantidad y diversidad de usuarios. En este sentido, cabe destacar a Google Groups⁹, eListas¹⁰, o LISTSERV¹¹. Estos servicios tienen un listado de categorías para poder encontrar las listas sobre todo tipo de temas concretos, como en este caso los relacionados con la ciencia y la comunicación. Por ejemplo, la Asociación Española de Comunicación Científica (AEC2) y la Asociación Catalana de Comunicación Científica (ACCC) disponen de sendas listas de correo para sus socios en pleno funcionamiento. Asimismo, una versión moderna de las listas de correo que se está utilizando por cada vez más medios y comunicadores – no solo de ciencia - en la actualidad es el de las *newsletters* o boletines. Se trata de un servicio de suscripción por correo electrónico por el que se envía una publicación periódica con diversos contenidos, desde noticias destacadas – o en primicia - del medio o del comunicador, hasta comentarios, recomendaciones, etc., con un tono más cercano al suscriptor del boletín. Por ejemplo, el boletín de Materia¹², la sección de ciencia del diario El País, o el boletín Catacrocker¹³, del periodista y divulgador de ciencia Antonio Martínez Ron «Aberrón»¹⁴. En definitiva, otro servicio que aviva aún más el uso e interés del correo electrónico.

Un foro de debate, o foro sin más, es un espacio virtual donde se pueden intercambiar mensajes sobre algún tema determinado. Al tratarse de una comunicación asincrónica, la emisión y la recepción de los mensajes están separadas por un cierto periodo de tiempo, de manera que el posible intercambio de mensajes puede ser más pausado y reflexivo. Los foros son los descendientes modernos de los sistemas de noticias BBS (Bulletin Board System, Sistema de Tablón de Anuncios) y Usenet, muy populares en la década de los 80 y 90 del siglo pasado. Posteriormente, el desarrollo de sistemas específicos para la creación y mantenimiento de foros, como phpBB, vBulletin o XenForo, o sistemas de administración de contenido (CMS en sus siglas en inglés), como WordPress, Drupal o Joomla, que integran sus propios foros o los de otros sistemas, posibilitaron su generalización.

9. <https://groups.google.com>

10. <http://www.elistas.net/>

11. <http://www.lsoft.com/products/listserv.asp>

12. https://plus.elpais.com/newsletters/lnp/1/331?prm=participa_cta_home

13. <https://aberron.substack.com/>

14. <https://twitter.com/aberron>

Las listas y los foros siguen siendo válidos y útiles hoy día, especialmente en el caso de la ciencia, a pesar de que parezcan superados por iniciativas más modernas, como las redes sociales o los sistemas de mensajería instantánea. La comunidad científica continúa utilizándolos no solo por tradición – fueron los primeros en utilizar estas herramientas – sino también porque continúan siendo buenos canales donde intercambiar informaciones y opiniones y donde recurrir a una histórica base de datos generada tras los años en los que han estado activas. Una iniciativa similar relacionada con la Comunicación de la Ciencia es la Guía de expertos, «un directorio que agrupa a los investigadores de una institución dispuestos a colaborar con los medios de comunicación y que permite a los periodistas localizarles de forma autónoma en un corto espacio temporal» (De Vicente, Carballeda y Cea, 2022). Como señalan De Vicente y Sierra (2020) se trata de «una herramienta que adquiere máxima relevancia para los periodistas en una época caracterizada por la inmediatez para contactar con fuentes fiables». La pionera en España fue la de Red Iris¹⁵, la red académica española de I+D, en colaboración con la Universidad de Navarra. Diversas universidades siguen contando con su propia Guía de Expertos, como la de la citada Universidad de Navarra¹⁶, la Universidad de La Laguna¹⁷, la Universidad Oberta de Catalunya¹⁸, la Universidad de Oviedo¹⁹, la UPV/EHU²⁰, etcétera.

La Web o, mejor dicho, la World Wide Web, la «tela de araña mundial», es para muchos internautas sinónimo de Internet, pero es solo una parte, importante, de la misma. La Web es:

un sistema de distribución de documentos de hipertexto o hipermedios interconectados y accesibles vía Internet. Con un navegador web, un usuario visualiza sitios web compuestos de páginas web que pueden contener textos, imágenes, vídeos u otros contenidos multimedia, y navega a través de esas páginas usando hiperenlaces (World Wide Web, s.f.).

Precisamente, los hipertextos, entendidos como «un texto que contiene elementos o documentos entrelazados a partir de los cuales se puede acceder a otra información» (García-García, Arévalo y Hernández, 2019) y en el que el usuario «puede tener la posibilidad de profundizar en el contenido de la noticia en la medida que lo necesite» (López, Pereira y Gage, 2001), se han convertido en las nuevas fuentes digitales de la Comunicación de la Ciencia para documentar los contenidos científico-tecnológicos, de manera que se han extendido y diversificado. En este sentido, De Vicente y Cea (2019) establecieron una clasificación conceptual de los hipertextos para divulgar la ciencia en los medios de comunicación conformada por 6 modalidades: curriculares, metodológico-científicos, organizacionales; bibliográficos; archivados y terminológicos.

La Web se desarrolló entre 1989 y 1990 por el físico inglés Tim Berners-Lee con la ayuda del belga Robert Cailliau mientras trabajaban en la Organización Europea

15. <http://entomologia.rediris.es/ aracnet/7/expertos/index.htm>

16. <https://www.unav.edu/medios/guia-de-expertos>

17. <https://www.ull.es/portal/guia-expertos/>

18. https://www.uoc.edu/opencms_portal2/opencms/ES/news/kit-premsa/guia-experts/list.html

19. <https://www.uniovi.es/comunicacion/oficina/expertos>

20. <http://www.ehu.es/adituak/>

para la Investigación Nuclear (CERN por sus siglas en inglés), el mayor laboratorio de investigación en física de partículas del mundo ubicado en Ginebra, Suiza. La Web se fue extendiendo, primero en el CERN, y luego fuera de ella, cuando sus responsables decidieron hacer de dominio público sus especificaciones, en 1993. Otro hito que sirvió para su expansión fue la creación del navegador web Mosaic, también en 1993, que servía para visualizar de forma gráfica las páginas web, desarrollado en el Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación (NCSA) de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (UIUC), en Estados Unidos. Por tanto, se trata de otro sistema de comunicación concebido inicialmente en y para la comunidad científica que se acabó popularizando entre la ciudadanía gracias a sus enormes posibilidades. No obstante, la creación de páginas web estuvo limitada al principio a personas con conocimientos informáticos, o al menos especializados en el lenguaje web, hasta que el desarrollo de los blogs (de los que se hablará más adelante) facilitó esta tarea y permitió que más personas pudieran, además de consultar, publicar contenidos en la Web.

4.2. La Web 2.0.: blogs, wikis, redes sociales y otros soportes interactivos y multimedia

El crecimiento de Internet, de la Web, fue tal que comenzaron a surgir gran cantidad de iniciativas y empresas tecnológicas que prometían negocios multimillonarios y crecimientos sin límite. Hasta que llegó 2001, cuando se produjo la explosión de la conocida como «burbuja de Internet», en la que todo pareció desinflarse como un suflé. Sin embargo, Internet no estaba muerta, sino que se estaba reinventando. En este sentido, en 2004 Dale Dougherty, pionero de la web y vicepresidente de la empresa editorial estadounidense O'Reilly Media, hablaba en una conferencia de la «Web 2.0» para señalar que, «lejos de haberse "colapsado", la web era más importante que nunca, con nuevas y emocionantes aplicaciones y sitios que aparecían con sorprendente regularidad». Así lo confirmaba un año después otro de los creadores conceptuales de la idea, Tim O'Reilly, fundador y CEO de O'Reilly Media, que publicaba un artículo en su web personal para explicar al detalle qué es la Web 2.0 (O'Reilly, 2005).

Bajo este paraguas de la Web 2.0 se encuentran toda una serie de proyectos, tecnologías y expertos donde se prima la interacción, la colaboración, y en los que la Comunicación de la Ciencia también ha estado presente desde el principio. A modo de ejemplos de esta evolución de la Web, se pueden citar casos paradigmáticos que han servido de modelos para el desarrollo de iniciativas similares: Blogspot (Weblog, blog o bitácora, página personal o colaborativa); Digg (Sistema de publicación de noticias categorizadas por sus usuarios); Del.icio.us (Sistema de categorización de palabras clave según sus usuarios); Flickr (comunidad para publicar fotografías); Wikipedia (Enciclopedia colaborativa con sistema wiki de uso abierto); Facebook (Redes Sociales); etc.

Los blogs son webs donde poder publicar contenidos de manera sencilla en orden cronológico, como si fueran diarios o cuadernos de bitácora digitales (de ahí como se les conoce también en español). El término «Weblog» fue utilizado por primera vez en 1997 por el escritor Jorn Barger en su web «Robot Wisdom Weblog», donde precisamente su objetivo era mantener una bitácora de enlaces interesantes (John Barger, s.f.). Posteriormente, la forma corta de la palabra, la más utilizada y conocida, «blog»,

fue utilizada por primera vez en 1999 en la bitácora Peterme.com. Su autor, el programador Peter Merholz dividió la palabra weblog en la frase «we blog». (Peter Merholz, s. f.). Rápidamente fue adoptado como nombre y como verbo: «bloguero», la persona que bloguea. Otra palabra derivada es «blogosfera», ese lugar en Internet donde se encuentra la comunidad de blogueros.

Aunque las redes sociales parecen haber monopolizado Internet, los blogs y sus herramientas de publicación siguen teniendo su importancia en la comunicación de la ciencia. Plataformas como Blogger²¹, WordPress²² o Wix²³ siguen siendo muy utilizadas, tanto para crear blogs en sí como para crear publicaciones digitales especializadas y superespecializadas, de manera que no se hablaría propiamente de blogs y blogueros, sino de comunicadores y medios digitales en sí. Desde la pionera E-ciencia.com, que sirvió desde 1998 a 2018 para dar voz a múltiples comunicadores de ciencia en Internet («En recuerdo a E-ciencia.com: Dos décadas divulgando ciencia en Internet», s. f.), hasta iniciativas personales colectivas como Naukas²⁴, activa en la actualidad, o institucionales como el de la UPV/EHU²⁵ son claros ejemplos.

Las webs de ‘inteligencia colectiva’ reúnen a una comunidad de participantes que eligen los contenidos que pueden ser más interesantes para el resto y los votan para que obtengan los lugares más destacados que llamen la atención de los usuarios. De esta manera, se consigue una selección colectiva de los mejores contenidos que pueden encontrarse en Internet en determinados temas de interés para sus usuarios. Las pioneras fueron Slashdot²⁶, Digg²⁷ Reddit²⁸ y en español Meneame²⁹. Todas ellas han tenido a la ciencia y la tecnología en lugares destacados desde su origen, y siguen contando en la actualidad con una comunidad muy activa.

Diversas webs ofrecen la posibilidad de almacenar y compartir imágenes o vídeos de manera sencilla y visual, ya sea de manera gratuita o a través de pago con servicios más completos. Estos sistemas han permitido la popularización del uso de imágenes en Internet y el acceso a una gran cantidad de repositorios visuales de todo tipo. Una de las webs de imágenes más conocidas es Flickr³⁰, lanzada en 2004 por Ludicorp, una compañía de Vancouver (Canadá) que ante la vertiginosa popularidad de su servicio fue adquirida un año después por Yahoo!, la cual la sustituyó por su servicio de imágenes (Yahoo! Fotos).

Otra manera de publicar y compartir contenidos en la Web 2.0, y que es de gran utilidad en la Comunicación de la Ciencia, es el de las presentaciones. La idea sería dar un paso más en la línea de aplicaciones clásicas utilizadas para dar charlas, conferencias, etc., como PowerPoint, para sacarle partido a la capacidad de interacción y

21. <http://www.blogger.com/>

22. <http://es.wordpress.com/>

23. <https://es.wix.com/start/crear-blog>

24. <http://naukas.com/>

25. <http://www.ehu.es/ehusfera/es/>

26. <https://slashdot.org/> La versión en español de Slashdot, Barrapunto (en la actualidad fuera de servicio), tuvo también un gran éxito, y al igual que su homónima angloparlante, dedicó un lugar destacado a la ciencia.

27. <http://digg.com/>

28. <http://www.reddit.com/>

29. <http://www.meneame.net/> Meneame tuvo un «clon» para contenidos específicos de Ciencia, Divúlgame (en la actualidad fuera de servicio).

30. <https://www.flickr.com/>

publicación de contenidos multimedia de Internet. Una de las aplicaciones más utilizadas y conocidas es SlideShare³¹, lanzado en 2006 por una empresa de igual nombre con base de operaciones entre Mountain View, California (EE UU) y Nueva Delhi (India), sin olvidar a Prezi³², creada por el arquitecto húngaro Ádám Somlai-Fischer y puesta en línea en 2009, y cuya empresa de igual nombre cuenta con oficinas en Budapest (Hungría) y San Francisco (EE UU).

Wiki es una palabra hawaiana que significa «rápido». Y es precisamente una de las características principales que le incorporó en 1995 su creador, el programador estadounidense Ward Cunningham: un sistema para editar, publicar y participar varias personas en Internet de manera rápida («Origen y naturaleza de los wikis», s.f.). Por dichas características, cada vez más Wikis se crearon en la Red, con todo tipo de aplicaciones. En el mundo de la ciencia se pueden encontrar desde equipos especializados en tecnologías de código abierto, hasta grupos de investigadores que desarrollan una plataforma colaborativa sencilla para publicar y compartir sus avances, sus trabajos, sus ideas, etcétera. No obstante, el Wiki es una aplicación conocida popularmente gracias a la Wikipedia³³, «la enciclopedia libre» según se autodefinen, que pretende lograr «un mundo en el que cada persona del planeta tenga acceso libre a la suma de todo el saber de la humanidad» («Wikipedia», s.f.). Creada en 2001 por Jimmy Wales y Larry Sanger, es administrada por la Fundación Wikimedia, una organización sin ánimo de lucro basada en donaciones. Según sus responsables, cuenta en la actualidad con «más de 58 millones de artículos en 326 idiomas redactados en conjunto por voluntarios de todo el mundo» (ibidem). Se trata por tanto de un ejemplo destacado de uso de la tecnología para la Comunicación de la Ciencia, y en general, del saber humano.

Pero, sin duda, dentro de la web 2.0 las redes sociales son una de las tecnologías más conocidas y utilizadas en la actualidad. Según la Comisión Redes Sociales IAB Spain, una red social debe cumplir los siguientes requisitos: «Ser una red de contactos, tener un perfil, permitir interactuar, y ofrecer funcionalidades sociales para interactuar con contenidos (crear, compartir y/o participar)» (Cajal, 2020). Se trata de aplicaciones sencillas que no requieren conocimientos avanzados; basta saber su funcionamiento básico para sacarles un rendimiento apreciable. Entre las más conocidas y utilizadas en la actualidad destacan: Facebook³⁴, lanzado en 2004 por Mark Zuckerberg junto con sus compañeros de la Universidad de Harvard (EE UU) Chris Hughes, Andrew McCollum, Dustin Moskovitz y Eduardo Saverin; Twitter³⁵, creada en 2006 inicialmente como un sistema para hacer las veces de blog con mensajes cortos (*microblogging*) para los empleados de la compañía estadounidense Odeo por Jack Dorsey, Noah Glass, Biz Stone y Evan Williams; Instagram³⁶, puesta en marcha en 2010 por Mike Krieger y Kevin Systrom; o TikTok³⁷, la más reciente, de 2017, obra de la compañía china Bytedance tras fusionarla con la red social estadounidense Musical.ly.

No obstante, las redes sociales generalistas son bastante dispersas cuando se trata de contenidos concretos o especializados, y no están bajo control por parte de sus

31. <https://es.slideshare.net/>

32. <https://prezi.com/>

33. <http://www.wikipedia.org>

34. <http://www.facebook.com>

35. <http://twitter.com/>

36. <https://www.instagram.com>

37. <https://www.tiktok.com/es/>

usuarios. Por ello existen las redes sociales temáticas, también conocidas como redes sociales verticales o redes sociales especializadas, para ofrecer un mayor control y ajustarse a las características y necesidades, gustos, aficiones, intereses profesionales, etc. más específicos de sus usuarios. Una de las más conocidas, dirigida a profesionales, es LinkedIn³⁸, lanzada en 2003 por Reid Hoffman, Allen Blue, Konstantin Guericke, Eric Ly y Jean-Luc Vaillant. Ahora bien, hay redes sociales mucho más específicas, donde la comunicación de contenidos científicos especializados y superespecializados encaja mejor. Por ejemplo, en el caso concreto del área de la salud y la medicina - la cual ha cobrado especial protagonismo durante la pandemia del COVID-19-, las redes sociales temáticas pueden servir para diferentes fines, como señala Inma Zambade:

Compartir información entre estudiantes de medicina como apoyo de carrera, contar con información actualizada de carácter técnico entre profesionales de la misma especialidad, entablar una colaboración entre colegiados ante dudas específicas de otras especialidades, establecer vínculos entre la comunidad científica vs medicina de proximidad, y estrechar la relación entre médicos y pacientes e incluso comunidades diseñadas por ePacientes en búsqueda de conocimiento colectivo para fomentar el estado de bienestar mediante el apoyo mutuo» («Redes Sociales para médicos. 12 plataformas que debes conocer, s.f.).

En este sentido, redes sociales temáticas como Sermo³⁹, la primera red social médica (fue creada en 2005 en Estados Unidos); Esanum⁴⁰, una red social para médicos que sirve para consultar casos y observaciones del día a día; Nursicum⁴¹, una red social para enfermeros y enfermeras; o Cuidadoras.net⁴², una red social de Cuidadoras y Cuidadores Familiares, serían algunos ejemplos destacados.

Con el paso de los años, el peso de la imagen, el audio y el vídeo ha ganado terreno a gran velocidad en Internet en general, y en las redes sociales en particular. Además de las citadas anteriormente, que han incorporado toda clase de elementos, aplicaciones, filtros, etcétera, han surgido diversas iniciativas para facilitar la comunicación audiovisual y multimedia. Una de las pioneras fue YouTube⁴³, creada en 2005 por Steve Chen, Chad Hurley y Jawed Karim, tres ex trabajadores de Paypal, la empresa de pagos digitales creada por Elon Musk. Un año después, YouTube fue comprada por Google, y se ha convertido en la plataforma para ver y publicar vídeos preferida de los internautas. En ella se ha creado toda una comunidad propia de generadores de contenido, denominados «*youtubers*».

El *podcast* es un sistema creado hace décadas y que en la actualidad vive su época dorada, con multitud de iniciativas de todo tipo, entre ellas de Comunicación de Ciencia. En su concepción original, se trata de un archivo de audio (el formato *mp3* fue el más común) que se distribuye a otros usuarios, los cuales pueden descargarlo y escucharlo a través de diferentes aplicaciones multimedia y plataformas específicas de *podcasting*. El término *podcast* deriva de la unión de las palabras *iPod* (el dispositivo

38. <http://www.linkedin.com/>

39. <http://www.sermo.com/>

40. <http://www.esanum.es/>

41. <https://www.nursicum.com>

42. <http://cuidadoras.net/>

43. <http://www.youtube.com>

creado en 2001 por Apple para reproducir archivos sonoros digitales) y *broadcasting* (radiodifusión en inglés), y fue utilizado por primera vez en 2004 por Ben Hammersley, periodista del diario británico *The Guardian*, en un artículo donde subrayaba el carácter económico de las herramientas para producir un programa de radio en línea (Hammersley, 2004). No obstante, la creación de *podcasts* fue un proceso que, como idea, surgió en 2000 dentro del grupo Yahoo! de sindicación (RSS)⁴⁴. Los *podcasts* pueden ser solo de audio, y de vídeo, también conocidos como *videocasts* o *vodcasts*. En la actualidad, gracias también al avance de las tecnologías de *streaming* - que se explicarán a continuación - los *podcasts* se pueden escuchar sin necesidad de descargar archivo alguno, gracias a los servicios de almacenamiento y distribución de *podcasts*, tanto de pago como gratuitos. Los hay muy variados, si bien los más conocidos y utilizados son Ivoox⁴⁵, iTunes⁴⁶ (pensado en principio para los usuarios de Apple, aunque se puede instalar en cualquier otro sistema operativo); Spotify⁴⁷ (la popular plataforma musical ofrece cada vez más espacio a los *podcasts*); o Tunein-Radio⁴⁸ (concebida originalmente como una web de emisoras de radio online que se ha apuntado también a la moda de los *podcasts*).

El *streaming* ha sido otra de las tecnologías que ha cambiado cómo consumir y lanzar contenidos audiovisuales en Internet. En este caso, permite a sus usuarios consumir contenidos audiovisuales de manera *on line*, sin tener que descargar archivos. Cuando la transmisión es en vivo, se le conoce como *live streaming* (Castro, 2019). Esta tecnología ha revolucionado la retransmisión en directo de contenidos audiovisuales, ya que para ello se necesitaba hace unos años un costoso equipo técnico y humano al alcance normalmente solo de grandes medios de comunicación. Hoy en día, cualquier persona con conexión a Internet, ya sea desde un ordenador o cualquiera de los diversos dispositivos móviles y alguno de los programas o aplicaciones de *streaming*, puede realizar una retransmisión en directo de vídeo o audio. En la actualidad, una de las plataformas de *live streaming* más populares es Twitch⁴⁹. Creada en 2011 por los emprendedores Justin Kan y Emmet Shear, fue adquirida en 2014 por Amazon.

Tanto en las citadas redes sociales como en las plataformas de *podcasting* y *streaming*, la Comunicación de la Ciencia encontró desde el principio también un buen aliado y son cada vez más utilizadas, tanto de forma amateur como profesional. En este sentido se pueden encontrar buenos ejemplos de *podcasts* y *videocasts* como los recopilados por la AEC2⁵⁰; plataformas pioneras en español para comunicar contenidos divulgativos de ciencia e innovación mediante *streaming* como Indagando⁵¹; e

44. Mediante el sistema RSS, siglas de Really Simple Syndication (en español, «sindicación realmente simple»), el usuario recibe, directamente en su dispositivo o en una página web lectora de RSS, información actualizada automáticamente sobre sus páginas web favoritas, sin necesidad de visitarlas una a una. Este sistema no sólo sirve para que los internautas puedan seguir lo que se publica en las fuentes de su interés, sino para que las instituciones, las empresas, los medios de comunicación, etc., ofrezcan un sistema sencillo de fidelizar a su público y ofrecerle su información actualizada.

45. <http://www.ivoox.com/>

46. <https://www.apple.com/es/itunes/podcasts/>

47. <https://www.spotify.com/es/>

48. <https://tunein.com/>

49. <https://www.twitch.tv/>

50. <https://aecomunicacioncientifica.org/https-www-aecomunicacioncientifica-org-divulgacion-cientifica-en-la-radio/>

51. <http://www.indagando.tv/>

incluso «*influencers* de ciencia» (Buitrago y Torres Ortiz, 2022), personas que comunican contenidos científicos a través de estas redes y sistemas de audio y vídeo y que cuentan con cientos de miles de seguidores. Por citar algunos ejemplos, aunque hay más: Deborah García Bello «Deborahciencia»⁵²; el físico y divulgador José Luis Crespo Cepeda «QuantumFracture»⁵³; la periodista y divulgadora Rocío Vidal «La gata de Schrödinger»⁵⁴; o el físico y divulgador Javier Santaolalla «Date un Voltio»⁵⁵.

Asimismo, como importantes canales no solo para la Comunicación de la Ciencia sino para la ciudadanía en general, hay que mencionar los sistemas de chat y de mensajería instantánea. El chat es un anglicismo que se ha generalizado de tal forma que tiene una entrada en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española:

Voz tomada del inglés chat ('charla'), que significa 'conversación entre personas conectadas a Internet, mediante el intercambio de mensajes electrónicos' y, más frecuentemente, 'servicio que permite mantener este tipo de conversación (Real Academia Española, 2005).

En este sentido, el uso de los chats es prácticamente tan antiguo como el propio Internet. Algunas fuentes retroceden en el tiempo hasta 1961, cuando el Centro de Computación del MIT crea el *Compatible Time Sharing System* (CTSS) (Sistema de Tiempo Compartido Compatible), permitiendo que hasta 30 usuarios iniciaran sesión simultáneamente y compartieran mensajes de texto (Baron, T. y Oren, E. s.f.). La evolución de la tecnología ha supuesto la creación de diversos tipos de chats para usos tanto personales como profesionales, con nombres destacados como Internet Relay Chat (IRC), creado en 1988 por el informático Jarkko Oikarinen cuando trabajaba en la Universidad de Oulu (Finlandia); los chats basados en el lenguaje de programación Java, desarrollados en 1991 por un equipo de ingenieros informáticos de la empresa estadounidense Sun; o los chats de las redes sociales más conocidas (por ejemplo, Facebook desarrolló en 2008 Facebook Chat).

Por su parte, los sistemas de mensajería instantánea permiten el intercambio de mensajes - entendidos como texto, audio o vídeo- de manera síncrona, en tiempo real, entre dos o más usuarios. Aunque pueda parecer que se trata del mismo sistema que el chat, presenta varios elementos que lo diferencian y lo convierten en una herramienta de comunicación utilizada en la actualidad a nivel global por millones de personas. Al igual que el resto de las tecnologías, la mensajería instantánea ha evolucionado desde sus comienzos, desde que surgiera su versión más sencilla, allá por 1992 con la creación del SMS, el cual solo permitía el intercambio de mensajes de texto cortos de 160 caracteres máximo, hasta la actualidad con sistemas como WhatsApp⁵⁶ o Telegram⁵⁷, los cuales permiten ya en sus versiones más recientes la posibilidad de realizar llamadas de audio y vídeo.

El desarrollo de la tecnología, unida al aumento de velocidad de las conexiones a Internet, ha supuesto la aparición y el rápido desarrollo de diversos sistemas para establecer videoconferencias entre dos o más usuarios, y que tanto se popularizaron

52. <https://www.instagram.com/deborahciencia/>

53. <https://www.youtube.com/user/QuantumFracture>

54. <https://www.youtube.com/c/LagatadeSchr%C3%B6dinger>

55. <https://www.youtube.com/c/DateunVoltio>

56. <https://www.whatsapp.com/?l=es>

57. <https://web.telegram.org>

durante los meses de confinamiento durante la pandemia causada por el COVID-19: Skype⁵⁸; Zoom⁵⁹; Hangouts⁶⁰ (requiere tener cuenta de Google), Microsoft Teams⁶¹ (requiere cuenta en Microsoft), etcétera. En este sentido, se han convertido también en plataformas muy utilizadas en Comunicación de la Ciencia para la realización de «*webinars*», un anglicismo que combina otros dos: *web* y *seminar* (seminario). El concepto fue creado por el estadounidense Eric R. Kolb en 1998 para referirse al sistema de reuniones en línea que su empresa había desarrollado. En español existe el neologismo «webinario», o bien los términos «conferencia web» o «conferencia en línea» («¿Qué es una Conferencia Web?»).

4.3. La virtualización de las TIC: ¿El futuro de Internet?

La evolución de Internet está cada vez más marcada por el fenómeno de la virtualización. La denominada «*Cloud computing*» («la informática de la nube») posibilita funcionar de forma *on line* en cualquier dispositivo, de manera que los sistemas operativos, los programas o aplicaciones funcionan de manera virtual. La forma colaborativa y a distancia de los equipos científicos han encontrado desde sus principios también útiles estas herramientas. Al igual que en el resto de las tecnologías, estos sistemas de «la nube» se han popularizado entre la ciudadanía, gracias a sistemas como Dropbox⁶², un disco duro virtual; o Google Drive⁶³ un disco duro virtual que además hace las veces de paquete ofimático vía web. Asimismo, las webs colaborativas y de gestión distribuida del trabajo también le sacan provecho a la comunicación en «la nube». Gracias a ellas, sus usuarios pueden ser más eficientes a la hora de realizar diversas tareas, tanto de forma individual como de forma colectiva, los cuales pueden encontrarse en cualquier lugar del mundo. Uno de estos sistemas más veteranos y conocidos es Trello⁶⁴, creado en 2010 por Federico Stella.

La realidad virtual (RV) es «un mundo virtual generado por ordenador (o sistemas informáticos) en el que el usuario tiene la sensación de estar en el interior de este mundo, y dependiendo del nivel de inmersión este puede interactuar con este mundo y los objetos del mismo en un grado u otro», según la web RealidadVirtual.com, una web pionera en la explicación de este concepto («Realidad Virtual», s.f.). El término RV fue acuñado en 1989 por uno de sus pioneros, el escritor, informático y músico estadounidense Jaron Lanier. Por su parte, la realidad aumentada (RA) es «una tecnología que complementa el mundo real con el mundo digital. Superpone imágenes generadas por ordenadores, *smartphones*, tabletas o visores especiales a lo que sucede en tiempo real, de modo que el usuario tenga una mejor percepción de la realidad» (Clahire, 2022). El término RA aparece en torno a 1990 de la mano del investigador de Boeing Tom Caudell para mejorar los procesos de fabricación de su empresa. Posteriormente, el desarrollo de la tecnología, tanto del software como de los aparatos o gadgets para poder sumergirse e interactuar en ambas, como cascos, gafas o dispositivos móviles

58. <http://www.skype.com>

59. <https://zoom.us/>

60. <https://hangouts.google.com/?hl=es>

61. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/>

62. <http://www.dropbox.com>

63. <https://drive.google.com/>

64. <https://trello.com>

inteligentes, han ampliado sus posibilidades en diversos terrenos lúdicos, educativos, de entrenamiento civil y militar, etc.

Aunque su desarrollo y generalización ha ido a un ritmo más despacio del que a sus defensores les gustaría, ambos tipos de sistemas, el virtual y el aumentado, aspiran a ser protagonistas del futuro de Internet. En esta ocasión gracias a una idea que trata de unirlos y sacar lo mejor de ambas: el «Metaverso», término que apareció por primera vez en 1992 en la novela *Snow Crash*, del escritor estadounidense de ciencia ficción Neal Stephenson. Como explica Yubal Fernández en un artículo al respecto:

La idea sería la de crear un universo paralelo y completamente virtual, al que podremos acceder con dispositivos de realidad virtual y realidad aumentada, de forma que podamos interactuar entre nosotros dentro de él, y desde fuera con el contenido que tenemos dentro. La clave de este Metaverso es que pueda ser totalmente inmersivo, o por lo menos mucho más de lo que es la actual realidad virtual (Fernández, 2022).

Una de las empresas que ha decidido apostar fuerte por este sistema es Facebook, hasta el punto de que desde noviembre de 2011 ha sustituido su nombre corporativo por el de 'Meta' (Cuesta, 2021). Pero no es la única, ya que otros de los gigantes de Internet, como Amazon, Google o Microsoft también están invirtiendo de manera decidida por este sistema para convertirse también en los «gigantes del Metaverso» (Maldonado, 2022). El tiempo lo dirá.

5. Conclusiones

Este trabajo ofrece una visión panorámica de la creación y evolución de Internet, su uso pionero por parte de la comunidad científica, y su influencia en la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes. De tal manera que las conclusiones obtenidas son las siguientes:

La comunidad científica -entendida de manera amplia- ha tenido un papel clave en la creación, utilización y desarrollo de Internet, un invento que ha revolucionado las comunicaciones y la historia de la civilización humana. En este sentido, ya no se puede hablar de Internet como una «nueva» tecnología, sino de una tecnología de la información y la comunicación socialmente asentada, aunque en intensa y constante evolución.

El desarrollo tecnológico de Internet como herramienta de comunicación ha sido vertiginoso desde sus orígenes, dando lugar a una gran cantidad de utilidades, servicios y aplicaciones de todo tipo que han sido adoptadas de manera temprana por la Comunicación de la Ciencia y sus fuentes.

Los profesionales y amateurs que se dedican a la Comunicación de la Ciencia han incorporado Internet y sus diferentes avances desde sus orígenes de manera temprana, experimentando cómo mejoraba y se transformaba su labor.

La virtualización (*cloud computing*, realidad virtual y aumentada, metaverso) pretende marcar el presente y futuro de Internet. Así al menos aspiran a lograrlo las grandes compañías tecnológicas que en estos momentos están realizando importantes inversiones económicas en dichos sistemas.

El trabajo identifica también las siguientes propuestas para mejorar la Comunicación de la Ciencia en Internet:

- Aprovechar las ventajas de Internet y hacer frente a sus desafíos: El objetivo sería sacarles todo el beneficio posible a los avances positivos de la Red para hacer una

mejor Comunicación de la Ciencia en calidad y cantidad, y conocer sus inconvenientes o desafíos para no caer en ellos y combatirlos en la medida de lo posible. Asimismo, dicha comunicación no se debe hacer solo para los que ya tienen interés por la ciencia o por determinados contenidos especializados, sino también para toda la sociedad, y para ello la experimentación con todas las posibilidades de nuevos formatos que ofrecen las nuevas tecnologías puede ser de gran ayuda para llegar a públicos mucho más amplios.

- Adoptar los ejemplos de buenas iniciativas del mundo anglosajón, que suelen estar a la vanguardia, adaptándolas a las particularidades propias.
- Apoyar iniciativas en Internet que sirvan para mejorar la Comunicación de la Ciencia, tanto desde las fuentes oficiales tradicionales como de otras que pueden ser también fiables y que gracias a la Red han aumentado su capacidad de llegar a la sociedad.
- Crear y afianzar iniciativas nativas de Internet, que le saquen todo el partido a sus potencialidades para una mejor Comunicación de la Ciencia, más multimedia y participativa.

Asimismo, se han agrupado todas las fuentes identificadas en el artículo por categorías, indicando su aplicabilidad práctica y aportación para los profesionales de la información y la ciudadanía en general:

- Internet «veterana»: Correo electrónico (*e-mail*), listas de correo, boletines (*newsletters*), foros de debate, guías de expertos, web e hipertextos. Aunque podrían considerarse desfasadas al ser los primeros sistemas de comunicación que aparecieron en la Red y al haber surgido otros sistemas más multimedia e interactivos posteriormente, todavía son muy útiles y se siguen utilizando en la actualidad. Su sencillez y madurez les hacen unas herramientas totalmente válidas hoy en día, tanto para los comunicadores de ciencia y los profesionales de la información como para la ciudadanía. Así, permitir el contacto con cualquier fuente de manera escrita, sencilla y reposada, de manera asíncrona, conservar los mensajes y las conversaciones para su posterior consulta, o la diversidad documental hipertextual científico-tecnológica que proporcionan son, ciertamente, elementos que las han hecho mantenerse activas hoy en día.
- Web 2.0: Blogs, webs de inteligencia colectiva, repositorios digitales de imágenes y vídeos, presentaciones, wikis, redes sociales generalistas y especializadas, podcasts y videocasts, streaming, chats, mensajería instantánea, sistemas de videoconferencia, webinars. El enorme avance tecnológico en pocos años ha traído consigo una familia de sistemas y aplicaciones que han multiplicado exponencialmente la oferta y demanda de contenidos y fuentes, y han posibilitado una comunicación y una información más multimedia, colaborativa, participativa e interactiva tanto a los comunicadores de ciencia como a la sociedad en general. La comunicación e información audiovisual, tanto en directo como en diferido, que hasta no hace mucho solo estaba al alcance de unos pocos, se ha generalizado y extendido y ha proporcionado la aparición de multitud de propuestas comunicativas de todo tipo. Los comunicadores de ciencia y profesionales de la información científico-tecnológica han sabido aprovechar desde sus comienzos también todas estas posibilidades.

- Virtualización de las TIC: Informática de la nube (*Cloud computing*), webs colaborativas y de gestión distribuida del trabajo, realidad virtual y aumentada, metaverso. Internet es cada vez más ubicua y virtual, gracias al aumento y diversidad de nuevos dispositivos, sistemas o aplicaciones, desde móviles y altavoces inteligentes hasta gafas de realidad virtual y aumentada que permiten incluso la creación e interacción de mundos digitales alternativos. Los comunicadores e informadores de ciencia y la ciudadanía en general tienen por tanto abiertas nuevas posibilidades que se irán perfilando de aquí en adelante.

Finalmente, estudios futuros investigarán las nuevas tendencias y sistemas de comunicación que Internet proporciona a los profesionales de la Comunicación de la Ciencia, fijándose en casos concretos que puedan servir de ejemplo para obtener una visión más concreta y precisa, así como la actualización de los datos que puedan haberse quedado desfasados por la rápida mutación de los sistemas y aplicaciones digitales.

6. Bibliografía

- ¿Qué es una Conferencia Web? (s.f.). <https://www.3cx.es/webrtc/web-conferencing/>
- AIMC. (2021). *Navegantes en la red. Encuesta AIMC a usuarios de Internet*. <https://www.aimc.es/otros-estudios-trabajos/navegantes-la-red/>
- Baron, T. y Oren, E. A Brief History of Chat Apps. (s.f.). https://towcenter.gitbooks.io/guide-to-chat-apps/content/introductionthe_dawn_of_a_brief_history.html
- Breve historia de Internet <https://www.internetsociety.org/es/internet/history-internet/brief-history-internet/>
- Buitrago, A., y Torres Ortiz, L. (2022). Divulgación científica en YouTube: Comparativa entre canales institucionales vs. influencers de ciencia. *Fonseca, Journal of Communication*, 24, 127–148. <https://doi.org/10.14201/fjc.28249>
- Cajal, M. (10 de diciembre de 2020). *¿Qué son las redes sociales: Tipos de redes sociales y para qué sirven*. <https://www.mabelcajal.com/2017/06/que-es-una-red-social-tipos-redes-sociales-para-que-sirven.html/>
- Castro, L. (1 de noviembre de 2019). ¿Qué es streaming? <https://www.aboutspanol.com/que-es-streaming-157642>
- Clahire. (25 de febrero de 2022). Qué es y cómo funciona la realidad aumentada. <https://es.ccm.net/faq/30104-que-es-y-como-funciona-la-realidad-aumentada>
- Cuesta, L. (9 de noviembre de 2021). Facebook se convierte en ‘Meta’. *La Vanguardia*. 9-11-2021. <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20211109/7847015/facebook-convierte-meta.html>
- Del Puerto, C. (1999). *Periodismo científico: la astronomía en titulares de prensa*. [Tesis doctoral]. Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias de la Información, España.
- Díaz Noci, J, y Meso, K. (2002). Periodismo científico en el ciberespacio: La información académica al encuentro de la tecnología digital. *Mediatika*, 8, pp. 605- 629.
- En recuerdo a E-ciencia.com: Dos décadas divulgando ciencia en Internet. <https://aecomunicacioncientifica.org/https-www-aecomunicacioncientifica-org-en-recuerdo-a-e-ciencia-com-dos-decadas-divulgando-ciencia-en-internet/>
- FECYT. (2021). 10ª Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología - 2020. https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/21/percepcion_social_de_la_ciencia_y_la_tecnologia_2020_informe_completo_0.pdf
- Fernández, Y. (16 de mayo de 2022). Qué es el Metaverso, qué posibilidades ofrece y cuándo será real. <https://www.xataka.com/basics/que-metaverso-que-posibilidades-ofrece-cuando-sera-real>

- Hammersley, B. (12 de febrero de 2004). Audible revolution. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/media/2004/feb/12/broadcasting.digitalmedia>
- Jorn Barger. *En Wikipedia*. Recuperado el 10 de junio de 2022 de https://en.wikipedia.org/wiki/Jorn_Barger
- Maldonado, J. (24 de marzo de 2022). Amazon, Meta, Microsoft y Google, los cuatro gigantes del metaverso. <https://observatorioblockchain.com/metaverso/amazon-meta-microsoft-y-google-los-cuatro-gigantes-del-metaverso/>
- Martínez, D. (2003). La crisis de las revistas científicas y las nuevas oportunidades de Internet. *Telos*, 56. <https://telos.fundaciontelefonica.com/archivo/numero056/la-crisis-de-las-revistas-cientificas-y-las-nuevas-oportunidades-de-internet/?output=pdf>
- Núñez, S., Ruiz, D., Cendón, S., Martín, S., Yriart, M. F., y Corchete G. (2000). El impacto de Internet sobre el periodismo científico en España. En *Comunicar la ciencia en el siglo XXI: I Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia, marzo 1999*. (pp. 656-659).
- O'Reilly, T. (30 de septiembre de 2005). *What Is Web 2.0* <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
- Origen y naturaleza de los wikis. <https://estebanromero.com/wikipedia/origen-y-naturaleza-de-los-wikis/>
- Pérez, J.I. (2012). Comunicación y cultura científica: compañeros de viaje del desarrollo de la ciencia. *SEBBM*, 173, pp. 14-16. https://revista.sebbm.es/repositorio/pdf/173/dossier173_jiperez.pdf
- Peter Merholz. <http://www.oreilly.com/pub/au/3171>
- Real Academia Española. (2005) Chat. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 10 de junio de 2022 de <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?key=chat>
- Realidad virtual (s.f.). <http://www.realidadvirtual.com/que-es-la-realidad-virtual.htm>
- Redes Sociales para médicos. 12 plataformas que debes conocer. <https://inmazambade.com/redes-sociales-para-medicos/>
- Van Vleck, T. (1 de febrero de 2001). *The History of Electronic Mail*. <https://multicians.org/thvv/mail-history.html>
- Vela, C. (16 de mayo de 2022). *Medio siglo del primer correo electrónico: todavía no podemos vivir sin él*. <https://theconversation.com/medio-siglo-del-primer-correo-electronico-todavia-no-podemos-vivir-sin-el-154089>
- Wikipedia. *En Wikipedia*. Recuperado el 10 de junio de 2022 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>
- World Wide Web. *En Wikipedia*. Recuperado el 10 de junio de 2022 de https://es.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web