

Una perspectiva neurobiológica y comunicacional de la imagen y de la realidad aumentada

A neurobiological and communicational view of the image and augmented reality

Isidro Moreno-Sánchez

Profesor Titular

(Complutense de Madrid)

Jesús Jiménez Segura

Profesor Titular (actualmente prejubilado)

(Universidad de Sevilla)

Fecha de recepción: 20 de julio de 2017

Fecha de revisión: 7 de diciembre de 2017

Fecha de publicación: 1 de enero de 2018

Para citar este artículo: Moreno-Sánchez, I., Jiménez Segura, J. (2018): Una perspectiva neurobiológica y comunicacional de la imagen y de la realidad aumentada, *Icono 14*, volumen 16 (1), pp. 1-21 doi: 10.7195/ri14.v16i1.1102

Resumen

La investigación analiza desde la neurobiología y la comunicación las imágenes rupestres y la realidad aumentada. En ambas se combinan realidad y virtualidad, imágenes en 360°, inmersión, interacciones físicas y sociales, y ruptura del marco de representación renacentista. La realidad aumentada añade interactividad acercándose al comportamiento cognitivo del cerebro y su eficacia comunicativa es superior a la de otros sistemas de imágenes. Demostrarlo es el principal objetivo de esta investigación. La metodología, básicamente exploratoria, se basa en las aportaciones de la neurociencia y la psicobiología evolutiva, en los estudios culturales y en las posibilidades comunicativas que proporcionan las TIC en movilidad. Los resultados apuntan a que la mayor eficacia comunicativa está ligada a la socialización, a la inmersión multisensorial 360° y a las imágenes interactivas. Parece fructífero la potenciación de sistemas de realidad aumentada en movilidad que imbriquen interactividad con interacción e imágenes en movimiento en contextos inmersivos de 360°.

Palabras clave: *Comunicación - Imagen - Inmersión - Interacción - Interactividad - Neurobiología - Neurociencia - Realidad aumentada*

Abstract

From the perspective of neurobiology and communication, the research analyzes prehistoric rock paintings and augmented reality. Both systems combine reality and virtuality, 360-degree images, immersion, physical and social interactions, and a break with the Renaissance representational framework. Augmented reality adds interactivity by approaching the natural cognition of the brain, and its communicative effectiveness is greater than that of other image systems. The main objective of this research is to prove that proposition. The methodology, which is basically exploratory, is based on the contributions of neuroscience and psychobiology, on cultural studies, and on the communicative possibilities offered by ICTs in mobility. The results suggest that greater communicative effectiveness is linked to socialization, 360-degree multi-sensory immersion and interactive images. It seems fruitful to develop and enhance systems of augmented reality in mobility that interweave interactivity and moving pictures in 360-degree immersive contexts.

Key Words: *Augmented reality - Communication - Image - Immersion - Interaction - Interactivity - Neurobiology - Neuroscience*

1. Introducción

1.1. Imágenes y neurobiología

El objeto de estudio final de esta investigación son las imágenes cómo forma de comunicación y, más concretamente, la eficacia de las mismas en la generación y transmisión de conocimiento. Se intenta obtener algún avance sobre qué elementos del procesamiento de imágenes por el cerebro son importantes para la comunicación y para el aprendizaje. Interesan especialmente aquellos elementos cuya adecuada implementación en los sistemas que mezclan realidad y virtualidad (realidad aumentada, realidad mixta, virtualidad aumentada...) favorezcan una mayor y mejor eficacia comunicativa, una más eficiente transmisión de contenidos; en definitiva, que permitan obtener un conocimiento aumentado en las personas.

Se van a estudiar, desde una perspectiva neurobiológica (Albright y Neville, 2016) y comunicacional, dos tipos de imágenes que se encuentran en los extremos de la cadena histórica de las culturas humanas: las imágenes rupestres del paleolítico superior y las utilizadas en la realidad aumentada. Si se observa cuidadosamente, no hay tanta diferencia en las funciones cognitivas implicadas en jugar a *Pokémon Go* (Serino, Cordrey, McLaughlin y Milanaik, 2016) y las desarrolladas por nuestros congéneres del Paleolítico superior que accedían al interior sagrado de una cueva con pinturas rupestres (Lewis-Williams, 2015). En los dos ejemplos se mezclan la realidad y la virtualidad de las imágenes, sentido de la inmersión, imágenes de 360° y se producen interacciones (que no interactividades) físicas y sociales. En la realidad aumentada intervienen las TIC añadiendo el componente interactivo, la no linealidad, también inherente al cerebro humano.

La habitual reducción del término imágenes para referirse únicamente a las imágenes planas sobre un soporte bidimensional resulta demasiado restrictiva. Precisamente, las imágenes del Paleolítico y la realidad aumentada nos devuelven a un sentido más amplio del término imagen en cuanto a representación no limitada a un marco, tal y cómo se puede encontrar en muchos ejemplos prácticos: teatro de sombras, máscaras primitivas,... (Magnin, 1981).

Incluso las imágenes sobre un soporte absolutamente plano han intentado vencer esa limitación mediante diversos códigos representativos de la tercera dimensión: distintos tipos de perspectiva, tratamiento de la iluminación, ilusiones ópticas, trampantojos, utilización de técnicas que resaltan las texturas y los volúmenes de las pinturas utilizadas por Van Gogh, Tàpies, etc. (Ceram, 1965; Torán, 1985, y Cage, 2006).

Desde este punto de vista, las imágenes planas y circunscritas totalmente por un marco, más podrían ser una minoría que una mayoría que justificara denominarlas genéricamente como imágenes. Los grabados chinos y japoneses, las pinturas persas (Fahr-Becker, 1999), y muchos más tipos de imágenes de cualquier cultura raramente aparecen dentro de un marco cerrado. Además, no se puede negar el carácter representativo de las imágenes del teatro de títeres o de actores (Jurkowski, 1988), de las procesiones del antiguo Egipto o de algunas ciudades católicas.

En estas manifestaciones se produce interacción física y social, se rompe el marco de la imagen y se llevan a cabo en un tiempo y en un espacio en movimiento. Algo similar a la realidad aumentada en movilidad. De ahí que para comprender el marco teórico específico del objeto de estudio sea fundamental delimitar los conceptos teórico-prácticos que sustentan esas comunicaciones y las que hoy tienen los jugadores de aplicaciones en realidad aumentada.

La mediación de las TIC facilita que las acciones que antes eran únicas, ahora puedan generarse cuando las personas que participan lo deseen. Pero esa participación que mezcla lo real y lo virtual añade a la interactividad interacción física y, en muchos casos, social, tal como ocurría y ocurre en las manifestaciones antes mencionadas.

Hallyday (1998, p. 4) estudia el vasto campo de la comunicación y los sentidos que se involucran en el proceso. En el caso de la comunicación mediada por las TIC, hay que tener en cuenta cómo se produce esa implicación-inmersión, si es lineal o es interactiva, si la interactividad se imbrica con la interacción, si interactividad y/o interacción se reducen al marco de la pantalla, si la interactividad y/o interacción rompen ese marco para sumergirse en un mundo virtual de 360 grados, como

por ejemplo, también sucedía en el Paleolítico Superior con las imágenes rupestres y en el resto de manifestaciones que se han mencionado. Y esta no es una osada comparación, ya que el cerebro de una persona de hoy día es muy similar al del *Homo sapiens* del Paleolítico (Gazzaniga, 2012, pp. 21-50). Hay que delimitar si se produce y cómo se produce esa mezcla de 360 grados entre virtualidad y realidad. En ese sentido, hay que profundizar en los conceptos de interactividad, interacción e inmersión, y de realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta. Todos estos conceptos deben estar permeados por la accesibilidad universal (Navarro y Moreno, 2015).

1.1.1. Interactividad, interacción e inmersión

A la relación no lineal que facilitaba el computador personal con las personas usuarias se denominó interactividad. Tempranamente, Rafaeli (1988, p. 115) afirmaba que la interactividad estaba por encima de la sorpresa y la novedad del momento y mencionaba algunas dimensiones que debería alcanzar: bidireccionalidad, respuesta rápida, banda ancha, control del usuario, actividad de cada usuario, transparencia, presencia social e inteligencia artificial. Mencionaba, además, la fascinación y el animismo que provocaba la relación con la máquina apuntada ya por Turkle (1984); lo que les lleva a Campbell y Moyers (1988, p. 50) a afirmar: «Yo soy algo así como una autoridad en dioses, así que no me fue difícil identificar a la máquina (computadora): me pareció una especie de dios del Viejo Testamento, con muchas reglas y sin ningún género de piedad».

Schudson (1978) defendía que el objetivo de la interactividad era emular la conversación cara a cara. Había que emular, en definitiva, al cerebro humano, y esta es una de las razones por las que parece interesante el estudio de la comunicación desde una perspectiva neurobiológica. Pero no hay que olvidar que la relación no es con personas sino con máquinas. Muchos autores, como Leiner y Quiring (2008, p. 143) señalan la importancia de distinguir entre interactividad, relación bidireccional con la computadora, e interacción (social), relación con las personas. En la realidad aumentada en movilidad se producen, además, relaciones físicas geoespaciales y con el dispositivo. A estas relaciones no personales se les va a denominar también interacciones (físicas) para diferenciarlas de la interactividad y de la interacción social. Resumiendo, interactividad conlleva acciones dinámicas

bidireccionales con intermediación tecnológica e interacción, acciones dinámicas bidireccionales entre personas y/o entre personas (interacción social) y/o con objetos, espacios... (interacción física).

Interactividad e interacción buscan que la persona sienta que está en el ambiente propuesto por el sistema, se sienta inmerso en él, algo similar a lo que se buscaba con las imágenes rupestres en las que la interacción física y la interacción social eran fundamentales. En la literatura científica sajona, más que de inmersión, se habla de presencia (*presence*), término acuñado por Sheridan (1992) y ampliamente utilizado hasta la actualidad (Lombard y Ditton, 1997; Weibel, Wissamath, y Mast, 2010; Wirth, Hartmann, Böcking, Vorderer, Klimmt, Schramm,... Jäncke, 2007). Steuer (1992) planteaba ya en el siglo pasado la telepresencia, Lee (2004) explica el concepto en profundidad y desarrolla una taxonomía (telepresencia, presencia virtual, presencia mediada, copresencia y presencia) de utilidad para comprender la inmersión de las personas en la realidad virtual, la realidad aumentada, la virtualidad aumentada y la realidad mixta. Esta presencia, en muchos casos compartida (interacción física e interacción social) alcanza, como se verá después, semejanzas significativas con las imágenes rupestres y con su eficacia comunicativa, que es lo que importa. El mencionado caso de *Pokémon Go*, además de inmersión (presencia) y de interactividad en movilidad, alienta la interacción física y la interacción social con una absoluta ruptura del marco de representación visual establecido con la ventana al mundo del arte renacentista.

1.2. Realidad virtual, realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad mixta

Sutherland (1965, p. 508) afirmaba que con una programación adecuada se podría estar literalmente en el «País de las Maravillas» de Alicia. Así surge el concepto de realidad virtual, aunque no se mencione el nombre en el artículo. Al año siguiente, junto con otros investigadores, crea un casco en el que los desplazamientos por el mundo virtual presentado se realizan con los movimientos de la cabeza. Si la realidad virtual es tan antigua (Billinghurst, Clark & Lee, 2015) y solo se ha puesto de moda recientemente se debe a la dificultad de alcanzar el realismo que imaginaba Sutherland y a la sincronización interactiva instantánea con los

movimientos del cuerpo. Así, Linowes (2015), define realidad virtual como un entorno creado tridimensionalmente que parece real y por el que es posible moverse como si fuera real. Pero en los dispositivos habituales, la información transmitida por la realidad virtual se circunscribe únicamente a datos visuales y, como mucho, auditivos. Por otra parte, al ser un mundo completamente virtual se produce un aislamiento visual absoluto del mundo natural que genera una cierta inseguridad en la persona (Castañares, 2011, p. 63). La realidad aumentada, sin embargo, combina ambos mundos.

Azuma (1997, p. 356) define la realidad aumentada como una variante de la realidad virtual. Mientras en la realidad virtual, la inmersión impide a la persona usuaria ver el mundo real, la realidad aumentada en movilidad permite ver el mundo real con elementos virtuales integrados en él y algo trascendental, compartir la experiencia con otras personas como ocurría en las pinturas rupestres o en otras manifestaciones sociales. Sus tres principales características: combinación del mundo real y el virtual, interactividad instantánea y estar registrada en 3D (Milgram, Takemura, Utsumi y Kshino, 1994, p. 283) trazan una línea continua que continúa siendo referencial en la que en un extremo está el entorno real y en el otro el entorno virtual representado por la realidad virtual. La imbricación entre realidad y virtualidad, más cercana a la realidad virtual, la denominan virtualidad aumentada y a la más cercana al entorno real, realidad aumentada. En el centro, la realidad mixta. Hay que señalar que en todas ellas, además de interactividad, se produce interacción física y, en algunos casos, interacción social.

Al igual que en la realidad virtual, la eclosión de la virtualidad aumentada, la realidad aumentada y la realidad mixta se corresponden con los avances en la potencia de los dispositivos que son capaces de proporcionar imágenes interactivas tridimensionales de gran calidad instantáneamente. La virtualidad aumentada está muy ligada a los videojuegos y a las interfaces de *hardware* que imitan elementos de la vida cotidiana, como un volante real para conducir un vehículo virtual. La principal pantalla para la realidad aumentada es hoy el teléfono celular o móvil inteligente (*smartphone*). En la realidad mixta, el mundo real se completa o complementa con elementos virtuales, como en la realidad aumentada, y, además, se utilizan elementos reales, como en la virtualidad aumentada, para interactuar con

ambos mundos. La realidad mixta engloba la realidad aumentada y la virtualidad aumentada. Distintas formas de buscar la inmersión para lograr un conocimiento aumentado sin el aislamiento de la realidad virtual.

Acercarse al comportamiento del cerebro respecto a los principales elementos que intervienen en la realidad aumentada ayudará a comprender la fructífera fusión entre realidad y virtualidad para alcanzar una buena eficacia educacional a través de un sistema de imágenes en movilidad que combine interactividad, interacción e inmersión. Esta inmersión es distinta a la considerada en la realidad virtual y está absolutamente ligada al concepto de presencia.

2. Material y métodos

Metodológicamente, esta investigación, básicamente exploratoria, se basa en las aportaciones de la neurociencia y de la psicobiología evolutiva, en los estudios culturales (antropología, historia, etc.) y en las posibilidades comunicativas que proporcionan las nuevas formas de interactividad e interacción que van de la virtualidad aumentada a la realidad virtual, privilegiando la realidad aumentada. La neurobiología permite una perspectiva más amplia que otro tipo de marcos teóricos (Albright y Neville, 2001), ya que puede aplicarse a todos los seres humanos indistintamente del marco geográfico, histórico o cultural desde el Paleolítico hasta nuestros días. Para analizar cualquier tipo de comportamiento humano es preciso tener en cuenta los aspectos innatos condicionados por la evolución filogenética del cerebro.

Las diferencias evolutivas entre nuestros antecesores del Paleolítico y nosotros son prácticamente insignificantes en cuanto al cerebro (Bruner, 2010). Por lo tanto, los procesos que se producen en su interior son sustancialmente similares. Evidentemente los contextos geográficos y sociales cambian y con ellos los contenidos culturales que diferencian a unos grupos humanos de otros. Además de la evidente influencia cultural de la sociedad sobre el individuo, éste es portador de comportamientos específicos que influyen sobre todas las sociedades humanas. Habitualmente se da mucha importancia a la influencia de la sociedad sobre la personalidad del individuo y muy poca a la influencia de la estructura del compor-

tamiento humano (individualmente invariable y específico) sobre las sociedades humanas. Y del mismo modo, se estudian más las diferencias estructurales de las comunidades que las semejanzas (resultantes de la invariabilidad de reacciones individuales). La falta de interés sobre estos temas se debe en parte al insuficiente conocimiento de las formas de acción y reacción innatas como y específicas del ser humano (Lorenz, 1980, p. 149-152).

La neurobiología permite acercarse al desarrollo evolutivo del cerebro del género Homo delineando algunas hipótesis (alternativas o complementarias) sobre los cambios genéticos que han permitido la hominización, los que nos han hecho verdaderamente diferentes del resto de los primates. Por otra parte, la neurociencia cognitiva, que tanto se ha desarrollado en los últimos decenios, permite una aproximación empírica a los procesos de tratamiento de la información por parte del cerebro (Albright y Neville, 2001; Thomas y Eickhoff, 2016) y tiene una especial relevancia desde el punto de vista de la comunicación y el aprendizaje (González y Chávez, 2017).

Una exploración de las investigaciones de estas disciplinas ayuda a superar el estadio de deslumbramiento para estudiar que estas nuevas formas de comunicación interactiva que combinan interactividad e interacción en movilidad cumplan eficazmente los objetivos tanto en cuanto a la función comunicativa (informativa, persuasiva, formativa,...) como a la clara recepción de los mensajes transmitidos. La eficacia e idoneidad de estos sistemas es uno de los puntos fundamentales como objeto de investigación. Dicha eficacia corresponde a una primera necesidad de la comunicación, dado que ésta pretende influir a un persona o grupo de personas (Rains, 2007; Lee, Lee y Schumann, 2002); eso que las organizaciones con ánimo de lucro tienen tan presente para vender sus productos y que se minusvalora en los proyectos culturales y de aprendizaje, como si la eficacia comunicativa no importase.

Por eficacia comunicativa se entiende, no sólo la eficacia en la transmisión de contenidos, sino la eficacia en la recepción del mensaje y en la asimilación del mismo. Esta eficacia comunicativa puede tener componentes informativos, cognoscitivos, afectivos, etc., y aplicarse a la transmisión de programas educativos,

persuasivos, o simplemente de entretenimiento. Se puede considerar la eficacia comunicativa como la capacidad de transmitir al destinatario del mensaje la cantidad de información necesaria para generar en su conciencia contenidos significativos respecto a un determinado campo temático.

Se parte de la hipótesis de que la mayor (y mejor) eficacia comunicativa de las imágenes está vinculada a sistemas de realidad aumentada en movilidad que permiten una cierta inmersión (presencia) y mezclan imágenes en movimiento con interactividad e interacción (física y social). De ahí que se estudien los fundamentos neurobiológicos que intervienen en el procesamiento de esas imágenes para arrojar alguna luz sobre el proceso.

3. Resultados

3.1. Características fundamentales del tratamiento de la información por el cerebro humano y socialización

Lo que caracteriza específicamente a la especie humana de una forma diferencial es el superlativo grado de sociabilidad que le es propio. Para que se produzca esa evolución (Cartwright, 2016) ha sido imprescindible el desarrollo de sofisticados sistemas simbólicos para transmitir información. Entre ellos interesan especialmente las imágenes generadas por los seres humanos para comunicarse y compartir los más variados contenidos de conciencia.

Es necesaria una cierta perspectiva de la evolución del cerebro del Homo sapiens para apreciar las características de sus operaciones cognoscitivas y sus funciones adaptativas al entorno. Es indudable la distancia que nos separa del Homo neanderthalensis así como de otras especies de Homo y de otros géneros de primates. Pero como ¿cuáles son las características únicas de nuestro cerebro que lo diferencian tan notablemente de ellos a pesar del elevado porcentaje de genes en común? En principio, parece claro que el gran incremento en la encefalización tiene bastante que ver ya con el origen del género Homo. Pero no es tan solo una cuestión de tamaño, sino también en la forma de estructurar la organización del cerebro: fundamentalmente la aparición de asimetrías en los hemisferios cerebrales y un

mayor desarrollo y complejidad del lóbulo frontal (Falk, 1992). Según recientes investigaciones (Vernot, Tucci, Kelso, Schraiber, Wolf, Gittelman,... Akey, 2016), los genes de la evolución del córtex existen únicamente en nuestra especie y no se dan ni en neandertales ni en denisovanos. Los genes relacionados con el desarrollo del córtex cerebral y del cuerpo estriado (las zonas del cerebro encargadas de los sistemas de recompensa, de la planificación y de la toma de decisiones) no tienen rastros de ADN neandertal o denisovano.

Hay varias hipótesis sobre las ventajas evolutivas que aportó el cerebro del género Homo. Por una parte, el incremento del neocórtex parece relacionado con la mejora de habilidades sociales y por lo tanto con una mayor eficacia del grupo en su relación con el entorno (Aiello y Dunbar, 1993). Por otra parte, tanto la lateralización como el desarrollo del lóbulo frontal permiten el desarrollo del lenguaje (Falk, 1992). Es preciso subrayar que el lenguaje es una ventaja adaptativa para el grupo no para el individuo aislado. El desarrollo del lenguaje verbal (Kenneally, 2009), de todos los sistemas simbólicos por parte de Homo sapiens, es una prueba contundente de su carácter eminentemente social. De hecho la evolución filogenética de la capacidad cognitiva de los seres humanos ha sido guiada por el carácter hipersocial de Homo sapiens. Como ya señaló Bruner (1991), desde la perspectiva de la psicología cognoscitiva, el papel de lo social en la percepción y el recuerdo no solo es modulador, sino constitutivo.

De hecho somos los primates más sociales y nuestra evolución biológica ha desarrollado adaptaciones eficaces para la comunicación social, especialmente el lenguaje y otras formas de representación simbólica (Vygotsky, 1981; Arnheim, 2011). Pero también es muy importante, como diría Leroi-Gourhan (1964), el gesto y la capacidad de expresión facial, especialmente la transmisión de información a través de los ojos.

La forma en que se tenga en cuenta este carácter eminentemente social de nuestra especie (la sociabilidad) es un elemento esencial para un modelo de análisis de la eficacia de los sistemas de realidad aumentada y está detrás del éxito de productos como *Pokémon Go*. Recuérdese las reuniones masivas de los jugadores para compartir experiencias. También destacaba esa sociabilidad en los presistemas

de realidad aumentada creados en las cuevas con imágenes que se adaptaban a las características del entorno natural y que se compartían en grupo. Median miles de años entre las tecnologías, pero los contenidos y su forma de creación y recepción no son tan distintos.

3.2. Lateralización cerebral y emociones

El grado de lateralización y de especialización funcional de cada hemisferio cerebral parece ser un fenómeno únicamente desarrollado hasta ese extremo en nuestra especie. Quizás, por eso, la aportación más interesante de la neurociencia respecto a la comunicación visual es la existencia de un cerebro visual localizado en el hemisferio derecho (en los diestros) y casi contrapuesto al área cerebral que rige el lenguaje verbal en el hemisferio izquierdo. «Más que cualquier otra facultad cognitiva, el lenguaje está alojado en una zona circunscrita del tejido cerebral,...» (Gardner, 2005, p. 420). Sin embargo, las facultades relacionadas con el procesamiento de imágenes parecen estar distribuidas de forma más dispersa por el cerebro.

El hemisferio izquierdo parece ser fundamental en lo que atañe a los mecanismos del lenguaje, a la producción y comprensión de unidades lingüísticas simples y aisladas. Pero un afásico con el hemisferio derecho intacto conserva la facultad de comprender de qué tratan las historias o los chistes... (Gardner, 2005, p. 423)

Por otra parte, en el hemisferio derecho parece que se activan más enérgicamente las fuentes de la emoción. Y es aquí donde pueden estar las claves de la capacidad de movilización emocional que tienen las imágenes (y la música) por encima del lenguaje hablado o escrito, la mayor capacidad de las imágenes y de la música para provocar emociones en el espectador y el papel generalmente otorgado a la banda sonora como conductora de las emociones del espectador. En todo caso, el impacto y la eficacia de las imágenes están firmemente ligados a las reacciones emocionales de los observadores. La conciencia se construye en base a mapas de imágenes, por lo tanto, el papel de las imágenes en la generación y transmisión del conocimiento resulta esencial (Damasio, 2012, y Damasio y Carvalho, 2013).

3.3. Imagen en movimiento y eficacia comunicativa

En la percepción de la realidad natural, todo o casi todo está en constante movimiento; así que la percepción visual sintetiza aspectos holísticos y secuenciales. Las formas de comunicación audiovisual se basan en una secuencia de imágenes. Esa continuidad les confiere una determinada significación. Para la percepción de las imágenes en movimiento, tal como apuntaba García-Jiménez (1995), intervienen los dos hemisferios: cada imagen, cada plano se examina holísticamente por el hemisferio derecho y la sucesión secuencial de los distintos planos requiere un procesamiento secuencial característico del hemisferio izquierdo. Si se tiene en cuenta que interviene también el lenguaje verbal, queda más claro el carácter mixto, secuencial-holístico, de la comunicación audiovisual. El cerebro no distingue nítidamente entre la información visual y la información auditiva, sino entre información procesada holísticamente e información secuencial. En el hemisferio derecho parece que se activan más energicamente las fuentes de la emoción. Y es aquí, como se ha comentado, donde pueden estar las claves de la capacidad de movilización emocional que tienen las imágenes (y la música) por encima del lenguaje hablado o escrito.

Por otra parte, la mayor atención que se presta a las imágenes en movimiento podría estar inducida por antiguos mecanismos de autoprotección del Homo sapiens del Paleolítico. Cuando algo se mueve o suena (imagen en movimiento y sonido) puede ser una señal de peligro o de alerta para el cazador.

3.4. Contexto espacial e inmersión multisensorial

Las imágenes no se perciben, generalmente, de manera aislada; sino en un contexto espacial concreto que contribuye a determinar los significados de las mismas. Esta localización en un determinado escenario puede ser totalmente incluyente o mediante una diferenciación extremadamente precisa, con fronteras infranqueables entre el espacio representado y el espacio de la representación, como los marcos de los cuadros renacentistas que señalan los límites de una ventana al mundo (Panofsky, 1999). Y entre ambos extremos se pueden encontrar diversos grados de integración. Por ejemplo, en las salas cinematográficas, la pantalla delimita pero el

contexto oscuro de la sala permite una prolongación del espacio representado en el espacio de representación. En las cuevas con pinturas rupestres del Paleolítico también se produce esa fusión pero de una forma mucho más acentuada, ya que la persona se mueve y participa multisensorialmente en un contexto espacial de 360°. Lo mismo cabe decir de los sistemas de realidad aumentada en movilidad.

Las imágenes como objetos incluidos en un espacio con características definidas en cuanto a dimensiones, distancias relativas y texturas de materiales, adquieren relevancia en su dimensión táctil y nuestro cerebro integra señales visuales y táctiles. Todo ello contribuye a una vivencia que puede llegar a ser profundamente emotiva gracias a la recepción multisensorial.

El tacto, por ejemplo, es imprescindible en el aprendizaje cognitivo para asociar propiedades de volumen a los objetos que se van conociendo (además de las informaciones indirectas del sistema visual) (Rock, 1985, pp. 136-140). En nuestra relación diaria con el mundo circundante, las texturas se perciben conjuntamente mediante la vista y el tacto, lo que les confiere una cualidad tridimensional potenciada por el resto de sentidos. Y aunque, evidentemente, las texturas representadas en las imágenes visuales son bidimensionales aun estando creadas tridimensionalmente, las representaciones visuales de las texturas pueden ayudar a generar sensación de volumen, de densidad o cualidades táctiles y permitir la distinción entre objetos iguales en forma y color. La asociación de las texturas representadas con los objetos naturales recordados añade una información muy valiosa para la ilusión representativa. En el caso de las pinturas rupestres se potencia con la materia voluminosa de la roca la sugerencia de una presencia tridimensional. En la realidad aumentada la integración de la imagen virtual bidimensional con la tridimensional del contexto natural produce una sensación tridimensional potenciada al intervenir el resto de sentidos en un proceso completado por las sinestesias entre los mismos.

La utilización de dispositivos hápticos implica la potenciación del sentido del tacto (Pastor y Conomis, 2006, y Gallace y Spence, 2014). Ese sentido del tacto era protagonista en la creación y en la recepción de las imágenes rupestres. El creador rupestre palpaba las formas de la naturaleza para aprovecharlas para sus figuras y

las personas que tenían el privilegio de entrar en la cueva utilizaban el tacto para sentir esas imágenes más allá de la contemplación (interacción física), para entrar en comunión con ellas, para sumergirse en su magia y compartirla con otras personas (interacción social) (Lewis-Williams, 2015).

En el imaginario habitual, cuando se piensa en las imágenes que van de la realidad aumentada a la realidad virtual, la inmersión se relaciona con la realidad virtual, pero ¿puede darse mayor inmersión (presencia) que estar en el mundo natural con complementos virtuales como en la realidad aumentada y, además, compartirlo con otras personas?

4. Conclusiones

La sociabilidad es la principal diferencia específica de nuestra especie y para esto ha sido imprescindible el desarrollo de sistemas simbólicos de transmisión de la información (palabras, gestos, imágenes). A la palabra se le ha dado y se le continúa dando enorme importancia; sin embargo, las imágenes, salvo excepciones, no se han considerado de acuerdo con sus singulares posibilidades de transmitir información y generar un tipo de conocimiento específico, y esto es así desde el Paleolítico hasta hoy.

En la práctica cultural de diversas sociedades y momentos históricos, las imágenes se integran con otros tipos de sistemas significativos y por lo tanto esta forma de integración global de palabras, imágenes, música y tacto, es la manera más natural y eficaz de comunicación. Las imágenes aisladas son la excepción.

En el Paleolítico, las imágenes se reciben, frecuentemente, en el espacio oscuro de una cueva y mediante una experiencia multisensorial. Posteriormente, la imagen va aislándose del contexto llegando a la culminación de esa dislocación con el uso de la perspectiva de los cuadros renacentistas y la invención de la fotografía. El cine devuelve las imágenes a la caverna oscura, las dota de movimiento como los animales rupestres a la luz vacilante de las antorchas y el espectador vuelve a integrarse en la vivencia mágica de la identificación (Ceram, 1965; Staehlin, 1981). La representación plenamente global llega con la realidad aumentada que integra

las imágenes en un espacio de 360 grados que se recorre y en el que intervienen todos los sentidos.

A la luz de la neurobiología y de la neurociencia parece fructífero la imbricación de sistemas de realidad aumentada en movilidad que mezclen interactividad con interacción física y social en contextos inmersivos para procesos de aprendizaje. Esta investigación se sustenta en un proceso exploratorio, pero va más allá del mismo al adquirir una fuerte carga interdisciplinar necesaria para mejorar la eficacia comunicativa en estos procesos. Se resalta que la realidad aumentada en movilidad imbrica realidad y virtualidad utilizando interactividad e interacción para lograr una inmersión en el conocimiento, lo que puede suponer una mayor eficacia que las comunicaciones lineales. En este sentido, conviene recordar que el cerebro es una vía de transmisión no lineal. La información se introduce por un extremo (los sentidos) y el cerebro la transmite a una especie de receptor generalizado (una acción o un enunciado). Para que un dato de entrada produzca en el receptor una señal diferente y más compleja, se requiere una vía no lineal y altamente estructurada (compárese el cerebro, por ejemplo, con un hilo de cobre, que es también una vía de transmisión, pero que es excesivamente simple para transformar el dato de entrada en una opinión de sí mismo) (Atkins, 1986, p. 88).

Se espera que esta investigación constituya una cierta base para otras investigaciones experimentales. Se ha demostrado la importancia comunicativa de los componentes de la realidad aumentada, incluso en sus prehistóricas manifestaciones. Para validar con certeza la hipótesis planteada, habría que realizar complejas pruebas de laboratorio, como resonancias magnéticas funcionales (RMNf), que permitan medir la eficacia comunicativa de la realidad aumentada en movilidad frente a otros sistemas lineales y no lineales. A la dificultad económica se une la práctica imposibilidad de realizar RMNf en movilidad. Se están estudiando otras alternativas para que la investigación avance del terreno de la aproximación al de la certeza. Un reto para acercarse a sistemas de comunicación que favorezcan una comunicación más eficaz. Parece productivo ahondar en estos sistemas inmersivos que conjugan realidad y virtualidad móvil con interactividad e interacción física y social que han demostrado su eficacia en el entretenimiento y que apenas se utilizan en otros procesos comunicacionales y de aprendizaje.

Referencias

- Aiello, L. & Dunbar, R. (1993). Neocortex Size, Group Size and The Evolution of Language. *Current Anthropology*. 34(2), 184-193. Recuperado de <https://go.gl/ZL0QzB>
- Atkins, P. W. (1986). La creación. Barcelona: Salvat.
- Albright, T.D. & Neville, H. J. (2001). Neurosciences. In Robert A. Wilson y Frank C. Keil (eds). *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Science*. Mit Press.
- Arnheim, R. (2004). Visual Thinking (35th anniversary printing). Berkeley, Los Angeles & London: University of California Press.
- Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 6(4), 355-385. doi: <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Billinghurst, M., Clark, A. & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. doi: <http://dx.doi.org/10.1561/1100000049>
- Bruner, E. (2010). The Evolution of the Parietal Cortical Areas in the Human Genus: Between Structure and Cognition. In D. Broadfield; M. Yuan; K. Schick & N. Toth (Eds). *The human brain evolving. Paleoneurological Studies in Honor of Ralph L. Holloway* (pp. 83-86). Bloomington: Stone Age Institute Pres/Indiana University.
- Bruner, J. (1991). Acts of Meaning: four Lectures on Mind and Culture. Cambridge, Massschusetts & London: Harvard University Press.
- Campbell, J. & Moyers, B. (1988). The Power of Myth. New York: Anchor Books Random House.
- Cartwright, J. (2016). *Evolution and Human Behaviour: Darwinian Perspectives on the Human Condition*. London: Palgrave Macmill
- Castañares, W. (2011). Realidad virtual, mimesis y simulación. *CIC Cuadernos de Información y comunicación*, 16, 59-81. doi: http://dx.doi.org/10.5209/rev_CIYC.2011.v16.3
- Ceram, C.W. (1965). Archaeology of Cinema. London: Thames and Hudson.
- Damasio, A. (2010). Self Comes to Mind: Constructing the Concious Brain. New York: Panteon Books.

- Damasio, A. & Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(2), 143-152. doi: <https://www.nature.com/articles/nrn3403>
- Falk, D. (1992). *Evolution of the Brain and Cognition in Hominids*. James Arthur Lectures on the Evolution of the Human Brain. New York: American Museum of Natural History
- Fahr-Becker, G. Ed. (1999). *Ostasiatische Kunst*. Köln: Könemann.
- Gage, J. (2006). *Colour in Art*. London: Thames & Hudson.
- Gallace, A. & Spence, C. (2014). *In touch with the future: The sense of touch from cognitive neuroscience to virtual reality*. Oxford: Oxford University Press.
- García-Jiménez, J. (1995). *La imagen narrativa*. Madrid: Thomson Paraninfo.
- Gardner, H. (2005). *Arte, mente y cerebro. Una aproximación cognitiva a la creatividad*. Barcelona: Paidós.
- Gazzaniga, M. S. (2012). *¿Qué nos hace humanos?* Barcelona: Paidós.
- González Aspera, A. L. y Chávez Hernández, G. (2017). La realidad virtual inmersiva en ambientes inteligentes de aprendizaje. Un caso en educación superior. *Revista ICONO 14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), pp. 122-137. doi: <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.42>
- Halliday, T. (Ed) (1998). *The Senses and Communication*. Berlín: Springer.
- Jurkowski, H. (1988). *Aspects of Puppet Theatre*. London: Puppet Centre Trust.
- Kenneally, C. (2007). *The First Word. The Search for the Origins of Language*. London: Penguin Books.
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27-50. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Lee, E., Lee, J. & Schumann, D. W. (2002). The Influence of Communication Source and Mode on Consumer Adoption of Technological Innovations. *The Journal of Consumer Affairs*, 1(36), 1-27. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6606.2002.tb00418.x>
- Leiner, D. J & Quiring, O. (2008). What Interactivity Means to User Essential Insights into and a Scale for Perceived Interactivity. *Journal of Computer-mediated Communication*. 14(1). 127-155. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1083-6101.2008.01434.x>
- Linowes, J. (2015). *Unity Virtual Reality Projects*. Birmingham: Packt Publishing (eBook).

- Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le geste et la prole, tome 1: Technique et langage*. París: Éditions Albin Michel.
- Lewis-Williams, D. (2002). *The Mind in the Cave. Consciousness and the origins of art*. London: Thames & Hudson.
- Lombar, M. & Ditton, T. (1997). At the Heart of it All: The Concept of Presence. *Journal of Computer Mediated Communication*, 3(2). doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6606.2002.tb00418.x>
- Lorenz, K. (1980). El todo y la parte en las sociedades animal y humana. Un examen metodológico. In K. Lorenz. *Consideraciones sobre las conductas animal y humana* (147-247). Barcelona: Plaza y Janés.
- Magnin, C. (1981). *Histoire des Marionettes en Europe*. Paris: Slatkine.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kshino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. In *Proc. SPIE 2352, Telem manipulator and Telepresence Technologies*, 282-292. doi: <http://dx.doi.org/10.1117/12.197321>
- Navarro Newball, A. A. y Moreno Sánchez, I. (2015). Redefinición de las TIC en el museo: del discurso invasivo al inclusivo. *Complutum*, 26(2), 219-228. doi: http://dx.doi.org/10.5209/rev_CMPL.2015.v26.n2.50432
- Panofsky, E. (1999). *La perspectiva como forma simbólica*. Barcelona: Tusquets.
- Pastor, S. & Conomis, C. (2006). Mixed Reality Displays. In Schreer, O.; Kauff, P.; & Sikora, T. *3D Videocommunication: Algorithms, Concepts and Real-Time Systems in Human Centred Communication*. Chichester, England: John Wiley & Sons. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/0470022736.ch14>
- Rafaeli, S. (1988). Interactivity: from New Media to Communication. *Sage Annual Review of Communication Research: Advancing Communication Science*, 16, 110-134. Recuperado de <https://goo.gl/skSrE>
- Rains, S. R. (2007). The Impact of Anonymity on Perceptions of Source Credibility and Influence in Computer-Mediated Group Communication: A Test of Two Competing Hypotheses. *Communication Research*, 1(34), 100-125. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0093650206296084>
- Rock, I. (1985). *La percepción*. Barcelona: Labor.
- Schudson, M. (1978). The Ideal of Conversation in the Study of Mass Media. *Communication Research*, 5 (3), 320-329. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/009365027800500306>

- Serino, M., Cordrey, K., McLaughlin, L. & Milanaik, R. L. (2016). Pokémon Go and Augmented Virtual Games: a Cautionary Commentary for Parents and Pediatricians. *Current Opinion in Pediatrics*, 28(5), 673-677. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/MOP.0000000000000409>
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on Telepresence and Virtual Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 120-126. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1992.1.1.120>
- Staehlin, C. (1981) Historia genética del cine. De Altamira a wintergarten. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Sutherland, I. (1965). The Ultimate Display. *Proceedings of IFIP Congress*, 506-508. Recuperado de <http://goo.gl/Jleurr>
- Thomas Yeo, B.T. & Eickhoff, S.B. (2016). Systems Neuroscience: A Modern Map of the Human Cerebral Cortex. *Nature*, 536, 152-154. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature18914>
- Torán, E. (1985). El espacio en la imagen. Barcelona: Mitre.
- Turkle, S. (1984). *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. New York: Simon @ Schuster.
- Vernot, B., Tucci, A., Kelso, J., Schraiber, J. G., Wolf, A. B., Gittelman, R. M. & Akey, J.M. (2016). Excavating Neandertal and Denisovan DNA from the Genomes of Melanesian Individuals. *Science*, 352(6282), 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aad9416>
- Vygotsky, L. S.(1981). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.
- Weibel, D., Wissmath, B. & Mast, FW. (2010). Inmersión in Mediated Environments: The Role of Personality Traits. *Cyberpsychol Behavior and Social Networking*. 2010, 13(3), 251-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1089/cyber.2009.0171>
- Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, T. & Jäncke, P. (2007). A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. *Media Psychology*, Vol 9(3), 2007, 493-525. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/15213260701283079>

Apoyos y agradecimientos

Esta investigación se ha realizado en la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad Complutense de Madrid durante la estancia de investigación de un año del Dr. Jesús Jiménez Segura de la Universidad de Sevilla con el Dr. Isidro Moreno Sánchez en el grupo de investigación Museum I+D+C. Laboratorio de cultura digital y museografía hipermedia (www.ucm.es/gi5068) en el curso académico 2014/2015. Los autores agradecen al neurólogo Dr. Luis Martínez Millán de la Universidad del País Vasco sus valiosas aportaciones.