



Traspasando dimensiones: El 3D en cine y oftalmología, una perspectiva histórica y clínica

Transcending dimensions: 3D in cinema and ophthalmology, a historical and clinical perspective.

Julia Aramburu Clavería, Luca Bueno Borgui, Carla Sánchez Remacha, Cristina Calvo Simón, Miguel Castillo Fernández, Marta Suñer Martínez, Javier Ramos Duarte, Ana Abad Pascual

Servicio de Oftalmología, Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza.
Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza.
Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón (IIS Aragon), Zaragoza
Autor para la correspondencia: Julia Aramburu Clavería, aramburu.julia@gmail.com

RESUMEN

La historia del 3D se remonta a mediados del siglo XIX, cuando se desarrollaron técnicas para crear imágenes estereoscópicas que ofrecían la ilusión de profundidad al observarlas con un visor especial. A principios del siglo XX, el cine comenzó a experimentar con el 3D, utilizando sistemas de proyección dual para mostrar dos imágenes superpuestas, una para cada ojo, y crear la sensación de profundidad.

En el cine actual, se emplean tecnologías como la polarización o el obturador activo para proyectar las imágenes en pantalla y sincronizarlas con gafas especiales que permiten a cada ojo ver una imagen diferente.

En oftalmología se emplean técnicas como la tomografía de coherencia óptica o la topografía corneal para generar imágenes tridimensionales del ojo. Además, en cirugías oculares, como la refractiva, la cirugía de cataratas o en la cirugía retiniana, el 3D ayuda en la planificación precisa de los procedimientos, usando menor intensidad lumínica y ofreciendo una mayor resolución.

Palabras clave: 3D, estereopsis, cine, cirugía, tridimensionalidad, proyección, oftalmología.

SUMMARY

The history of 3D dates back to the mid-19th century, when techniques were developed to create stereoscopic images that offered the illusion of depth when viewed through a special viewer. In the early 20th century, cinema began to experiment with 3D, using dual projection systems to display two superimposed images, one for each eye, to create the sensation of depth.

In today's cinema, technologies such as polarization or active shutter are used to project the images on screen and synchronize them with special glasses that allow each eye to see a different image.

Comunicación presentada en la XXX Reunión anual del Grupo de Historia y Humanidades en Oftalmología, en el seno del 100 Congreso de la Sociedad Española de Oftalmología, Madrid 2024.



In ophthalmology, techniques such as optical coherence tomography or corneal topography are used to generate three-dimensional images of the eye. In addition, in eye surgery, such as refractive surgery, cataract surgery or retinal surgery, 3D helps in the precise planning of procedures, using less light intensity and offering higher resolution.

Keywords: 3D, stereopsis, cinema, surgery, three-dimensionality, projection, ophthalmology.

INTRODUCCIÓN

La historia de la visión tridimensional, o estereopsis, ha sido uno de los campos más intrigantes en la evolución de la percepción visual, tanto desde el punto de vista tecnológico como médico. El 3D ha transformado no solo la manera en que entendemos y representamos el mundo a nivel cultural y artístico, sino que ha avanzado en la ciencia médica, específicamente en la oftalmología, para mejorar las técnicas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades oculares. Este texto profundizará en la fisiopatología de la estereopsis, el desarrollo histórico del 3D en el cine, y el impacto de la tecnología tridimensional en el ámbito oftalmológico.

FISIOPATOLOGÍA DE LA ESTEREOPSIS

La estereopsis es la capacidad de percibir profundidad en el espacio, lo que nos permite ver el mundo en tres dimensiones. Este proceso es el resultado de la integración binocular, en la que cada ojo recibe una imagen ligeramente distinta del entorno debido a su separación horizontal en el cráneo (aproximadamente 6-7 cm entre ambos ojos). Estas diferencias entre las imágenes captadas por cada ojo, conocidas como disparidad binocular, son procesadas por la corteza visual del cerebro, lo que genera una percepción de profundidad.

En términos médicos, el proceso de la estereopsis comienza cuando la luz ingresa a ambos ojos y es enfocada en la retina. Cada retina captura una imagen ligeramente distinta del entorno debido a la diferente posición de cada ojo. Estas imágenes se envían a través de los nervios ópticos a la corteza visual primaria, ubicada en el lóbulo occipital del cerebro. Aquí, las imágenes se comparan y fusionan mediante un proceso que integra la información de la disparidad de cada punto de ambas retinas (conocida como disparidad retiniana). Los puntos correspondientes en ambas imágenes se alinean en el cerebro para generar una única percepción de profundidad tridimensional.

HISTORIA DEL 3D EN EL CINE: DESDE LOS PRIMEROS EXPERIMENTOS HASTA LA MODERNIDAD

El concepto de tridimensionalidad ha sido una obsesión en la historia del arte y la tecnología visual, y el cine no ha sido la excepción. El cine 3D ha recorrido un largo camino desde sus inicios experimentales hasta convertirse en una herramienta artística y comercialmente viable.



El fundamento de la creación de imágenes en 3D en el cine es la estereoscopia, que simula el efecto de la visión binocular al mostrar dos imágenes ligeramente desplazadas en la pantalla, una para cada ojo. La diferencia de perspectiva entre ambas imágenes, conocida como disparidad binocular, genera la ilusión de profundidad cuando las imágenes son vistas con dispositivos especializados, como gafas anaglíficas o polarizadas.

En el cine 3D, las cámaras están dispuestas para imitar esta separación entre los ojos, utilizando un par de lentes o cámaras para filmar desde dos ángulos ligeramente diferentes. La proyección también debe coordinarse de manera que cada ojo vea únicamente una de las dos imágenes, lo que requiere métodos específicos para separar las imágenes en el proceso de visualización.

CÁMARAS ESTEREOSCÓPICAS

Los primeros intentos para crear películas en 3D empleaban cámaras estereoscópicas. Estas cámaras tenían dos lentes separadas por una distancia que simulaba la separación natural de los ojos humanos (alrededor de 6-7 cm). Cada lente capturaba una imagen desde un ángulo ligeramente diferente, replicando así la visión binocular. Durante la proyección, se utilizaban dos proyectores que mostraban simultáneamente ambas imágenes en la pantalla.

El desafío con este método era lograr una alineación perfecta de las dos imágenes durante la proyección. Si las imágenes no estaban bien alineadas, el resultado era incómodo para el espectador, generando fatiga ocular o incluso mareos.

Un ejemplo temprano de la implementación de este enfoque fue la película «The Power of Love» (1922), que fue proyectada utilizando un sistema de doble proyección. Los espectadores debían usar gafas anaglíficas con lentes de colores (rojo y azul) para filtrar las imágenes que correspondían a cada ojo, lo que creaba la ilusión de tridimensionalidad. Sin embargo, las dificultades técnicas y la falta de interés del público llevaron al fracaso comercial de esta película, y no fue hasta la década de 1950 que el cine 3D comenzó a ganar más tracción.

PROYECCIÓN ANAGLÍFICA: COLORES PARA LA SEPARACIÓN DE IMÁGENES

Uno de los primeros métodos utilizados para separar las imágenes de las películas en 3D era el sistema anaglifo, que requería el uso de gafas con lentes de colores. Este método utilizaba filtros de color (generalmente rojo y azul o rojo y verde) para separar las dos imágenes proyectadas, una para cada ojo. La imagen destinada al ojo izquierdo se teñía de un color (rojo) y la del ojo derecho de otro (azul o verde). Las gafas anaglíficas permitían a cada ojo ver solo la imagen correspondiente, y el cerebro fusionaba las dos imágenes para crear la percepción de profundidad.

El sistema anaglifo fue barato y relativamente fácil de implementar, lo que permitió su adopción generalizada en los primeros experimentos con películas en 3D. Sin embargo, la calidad de la imagen era pobre, ya que los colores se distorsionaban significativamente, y la experiencia visual resultaba cansada para el espectador después de un tiempo prolongado.



PROYECCIÓN POLARIZADA: UN AVANCE CRUCIAL

En la década de 1930, se desarrolló una técnica más avanzada que utilizaba polarización para separar las imágenes destinadas a cada ojo. En lugar de usar colores diferentes, este método empleaba la luz polarizada para proyectar dos imágenes sobre la pantalla. Las imágenes se proyectaban utilizando filtros polarizadores que modificaban la orientación de la luz, y los espectadores usaban gafas con lentes polarizadas que permitían a cada ojo ver solo una de las dos imágenes proyectadas. Este sistema mejoró notablemente la calidad visual, ya que las imágenes conservaban sus colores originales y eran más fáciles de ver sin causar tanta fatiga ocular.

Las gafas polarizadas funcionaban permitiendo que la luz que coincidía con la orientación de un filtro pasara a través de una lente, mientras bloqueaban la luz con orientación opuesta. Esto permitía que el ojo izquierdo viera solo la imagen proyectada para él, mientras que el ojo derecho veía solo su correspondiente imagen. La fusión de ambas imágenes en el cerebro daba como resultado la percepción de profundidad.

Películas como «Bwana Devil» (1952) y «House of Wax» (1953), muchas de las cuales se destacaban por su carácter sensacionalista y su enfoque en efectos llamativos, utilizaron este sistema de proyección polarizada y fueron los primeros éxitos comerciales del cine 3D, ayudando a popularizar la tecnología durante la llamada «era dorada» del cine 3D en la década de 1950. Sin embargo, la implementación era cara y compleja, ya que se requería una pantalla plateada especial para reflejar correctamente la luz polarizada.

A pesar del entusiasmo inicial, el cine 3D de los años 50 enfrentaba varios problemas técnicos. Los sistemas de proyección dual eran costosos y difíciles de mantener, y la calidad de las imágenes proyectadas no siempre era la mejor. Como resultado, la popularidad del cine tridimensional declinó hacia finales de la década de 1950, y el formato cayó en desuso.

EL RESURGIMIENTO DEL 3D EN LA ERA DIGITAL

El renacimiento del cine 3D comenzó a finales de la década de 1990 y principios de los 2000, cuando los avances en la tecnología digital hicieron posible proyectar películas tridimensionales con mayor calidad y precisión. Una película clave en este resurgimiento fue «Avatar» (2009), dirigida por James Cameron, que no solo revolucionó el uso del 3D en el cine, sino que también marcó un hito en el uso de la captura de movimiento y las imágenes generadas por computadora (CGI).

Con el avance de la tecnología digital, surgió el sistema de obturación activa, que solucionó muchos de los problemas que tenían las tecnologías anteriores. Este sistema utiliza gafas electrónicas que se sincronizan con la proyección de la película. Las gafas de obturación activa tienen lentes LCD que alternan entre opaco y transparente en sincronización con la proyección, permitiendo que cada ojo vea la imagen destinada para él mientras bloquea la imagen que no le corresponde. Las proyecciones en este caso suelen ser a 120 fotogramas por segundo (60 por cada ojo), lo que permite una experiencia fluida y de alta calidad.

Otra tecnología importante es la conversión 2D a 3D, que permite transformar películas filmadas originalmente en 2D en versiones 3D. Este proceso implica descomponer las imágenes en capas y agregar efectos de profundidad, aunque el resultado no es tan natural como el obtenido con cámaras estereoscópicas.



AVANCES RECIENTES EN LA CREACIÓN DE PELÍCULAS EN 3D

En la actualidad, el uso de cámaras estereoscópicas digitales y la integración con CGI ha permitido a los directores no solo capturar imágenes tridimensionales con una calidad sin precedentes, sino también manipular digitalmente la profundidad de campo y la disparidad binocular para obtener efectos específicos en la percepción de los espectadores. Directores como Ang Lee con «Life of Pi» (2012) y Alfonso Cuarón con «Gravity» (2013) han utilizado la tecnología 3D para contar historias de manera más inmersiva, empleando la tridimensionalidad no solo como un truco visual, sino como un recurso narrativo que mejora la experiencia emocional del espectador.

A medida que el hardware y el software continúan evolucionando, la creación de películas en 3D se ha vuelto más accesible y ha permitido a los cineastas experimentar con nuevas formas de contar historias visuales, transformando el cine en una experiencia más envolvente y dinámica.

LOS INICIOS DE LA TRIDIMENSIONALIDAD EN LA OFTALMOLOGÍA: HISTORIA Y AVANCES

La oftalmología ha sido una de las especialidades médicas que más ha adoptado y aprovechado las tecnologías tridimensionales a lo largo de su evolución. A medida que la tecnología ha avanzado, la capacidad de visualizar y analizar el ojo en tres dimensiones ha transformado tanto el diagnóstico como el tratamiento de numerosas patologías oculares. Este enfoque tridimensional ha permitido a los oftalmólogos obtener una comprensión más profunda de las estructuras anatómicas y realizar cirugías con mayor precisión. En este texto, exploraremos el origen de la tridimensionalidad en la oftalmología, sus avances y su uso actual en la práctica clínica.

La historia de la tridimensionalidad en oftalmología comienza en las primeras décadas del siglo XX, cuando los investigadores comenzaron a buscar formas de representar de manera más precisa las estructuras del ojo. Las primeras técnicas que intentaron crear imágenes tridimensionales en medicina estuvieron relacionadas con la fotografía estereoscópica, que consistía en tomar dos imágenes del mismo objeto desde ángulos ligeramente diferentes para recrear la percepción de profundidad cuando se observaban con un visor especial.

Aunque estos primeros esfuerzos eran rudimentarios y no tan detallados, sentaron las bases para el desarrollo posterior de tecnologías más avanzadas. El principal desafío en aquel momento era obtener imágenes que no solo mostraran una «cara» del ojo, sino que representaran su volumen y profundidad. Este tipo de imágenes era crucial para el diagnóstico preciso de enfermedades complejas, especialmente en la retina y el nervio óptico.

Uno de los hitos más importantes en la historia de la tridimensionalidad en la oftalmología fue la introducción de la tomografía. La tomografía es una técnica que permite crear imágenes en cortes transversales de una estructura y, posteriormente, combinarlas para crear una vista tridimensional. En oftalmología, esta tecnología permitió obtener imágenes más detalladas y profundas del ojo, brindando a los médicos una nueva forma de visualizar las estructuras internas.



Desde los primeros intentos de visualización tridimensional hasta la tecnología OCT moderna, los avances en la tridimensionalidad han transformado el diagnóstico, la cirugía y el manejo de enfermedades oculares.

Otra de las aplicaciones críticas del 3D en la oftalmología es la topografía corneal, utilizada para mapear la curvatura de la superficie de la córnea en tres dimensiones.

En procedimientos de cirugía refractiva, como el LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis), la topografía corneal es utilizada para guiar la corrección del astigmatismo, miopía o hipermetropía. El uso del 3D permite una evaluación precisa de la superficie corneal antes de la cirugía, lo que mejora los resultados postoperatorios y reduce las complicaciones.

Cirugías oculares asistidas por 3D

En las cirugías oculares más complejas, como la cirugía de cataratas o la vitrectomía para el tratamiento de la retina, el uso de sistemas de visualización tridimensional ha mejorado notablemente la precisión de los procedimientos. Las tecnologías 3D permiten a los cirujanos ver en alta resolución las estructuras internas del ojo en tiempo real, lo que facilita la manipulación precisa de los instrumentos quirúrgicos.

Además, en la cirugía de cataratas, las imágenes tridimensionales ayudan a los cirujanos a colocar correctamente las lentes intraoculares (LIO), mejorando la calidad visual del paciente y reduciendo las complicaciones postoperatorias.

CONCLUSIÓN

La evolución del 3D, desde su inicio en las primeras técnicas estereoscópicas hasta su implementación moderna en el cine y la medicina, ha sido un proceso fascinante lleno de innovación. En el campo de la oftalmología, el uso de tecnologías tridimensionales ha revolucionado tanto el diagnóstico como el tratamiento de enfermedades oculares, ofreciendo a los médicos herramientas de precisión sin precedentes. A medida que las tecnologías continúan avanzando, el 3D seguirá desempeñando un papel clave en la mejora de la calidad visual y la atención oftalmológica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zone, R. *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film, 1838-1952*. University Press of Kentucky; 2007.
2. Mendiburu, B. *3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen*. Focal Press; 2009.
3. Sandifer, P. *The History of 3D in Film: From Early Experiments to Today's Blockbusters*. *J Vis Effects & Filmmaking*. 2019; 10(4): 245-259.
4. Hayes, A. "A Brief History of 3D Cinema: From 1950s Gimmicks to 21st Century Immersive Experiences." *J Film History*. 2018; 23(3): 104-120.
5. Lipton, L. *Foundations of the Stereoscopic Cinema: A Study in Depth*. Van Nostrand Reinhold; 1982.
6. Cameron, J. *The Future of 3D Cinema: From Avatar to Virtual Reality*. *Sci Am*. 2010; 302(6): 44-49.
7. Kotlus, B. The Application of 3D Printing in Ophthalmology: Advances in Custom Implant Design and Surgical Planning. *Review of Ophthalmology*. 2022
8. El autor certifica que este trabajo es original y que no ha sido publicado ni está en trámites de valoración para la publicación en otra revista. Asimismo, transfiere los derechos de propiedad (copyright) del presente trabajo a la Revista Española de Historia y Humanidades en Oftalmología.