

Representación visual en las películas 3D estereoscópicas: punto de interés, foco y punto de convergencia

Visual Representation in Stereoscopic 3D Movies: Point of Interest, Focus and Convergence Point

Manuel Armenteros

Anto J. Benítez

Universidad Carlos III de Madrid

The aim of this paper is to analyse one of the most important problems in Stereoscopic 3D cinema: the selection of the convergence point, the point of interest and the focus on stereoscopic pictures to improve the visual experience, and to avoid the visual discomfort caused by the rupture between convergence and accommodation of the eyes when viewing stereoscopic images on the screen. The use of blur was also analyzed as a stereoscopic image composition technique to minimize visual discomfort caused by compositions where there are elements in front of the screen (negative parallax). In this paper we have used three films in their 3D version: Avatar (Cameron, 2009), Toy Story 3 (Lasseter, 2010) and Shrek forever after (Mitchell, 2010), as well as other images created expressly by the authors. In this preliminary study, it can be concluded that there is a tendency to avoid frames where objects are in front of the screen. With regard to the technique of blurring, it has been proven to be

El objeto de estudio de este trabajo es analizar uno de los problemas más importantes que se encuentra el cine en 3D Estereoscópico: la selección del punto de convergencia, el punto de interés y el foco en la obtención de imágenes estereoscópicas para mejorar la experiencia visual, y evitar el malestar producido por la ruptura entre la convergencia y acomodación de los ojos en la visualización de imágenes estereoscópicas sobre la pantalla. Asimismo, se ha analizado la utilización del desenfoco como técnica en la composición de imágenes estereoscópicas para minimizar el malestar visual provocado en aquellas composiciones donde existen elementos que se presentan delante de la pantalla (zona negativa). En este trabajo se han utilizado tres películas en su versión 3DE: Avatar (Avatar, Cameron, 2009), Toy Story 3 (Lasseter, 2010) y Shrek para siempre (Shrek forever after, Mitchell, 2010), así como otras imágenes tomadas expresamente. En este estudio preliminar se concluye que existe una

a resource that is used in compositions whose elements have negative parallax, consistent with the analysis of some studies on the influence of blur to minimize visual discomfort.

Key words: *visual representation, film and technology, stereoscopic 3D film, point of convergence, visual discomfort.*

tendencia a evitar que los encuadres incorporen en la composición objetos que sobresalgan por delante del plano de la pantalla (zona neutra). Con respecto a la técnica del desenfoque, se ha comprobado que es un recurso que se utiliza en las composiciones donde existen elementos en la zona negativa, en concordancia con el análisis de algunos trabajos sobre la influencia del desenfoque para minimizar el malestar visual.

Palabras clave: *representación visual, cine y tecnología, cine 3D estereoscópico, punto de convergencia, malestar visual.*

Roger Ebert (2011) publicaba el 23 de enero de 2011 uno de sus artículos con el título “Why 3D doesn’t work and never will. Case closed”. Sin embargo, el 3D estereoscópico (3DE) no sólo no está cerrado, sino que cada vez aparecen nuevas y mejores tecnologías para la producción, difusión y visionado de imágenes 3DE.

Después del éxito de *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2010), se han sucedido una serie de acontecimientos tecnológicos ligados a la revolución digital que han marcado un periodo que ha venido a denominarse la *segunda revolución tecnológica* del 3DE (Armenteros, 2011). Según estimaciones de la consultora Price Waterhouse, el porcentaje de películas 3DE en los diferentes países producidas cada año puede encontrarse entre el 10% y el 15%, y considera la calidad de las películas como un elemento que influirá sobre el consumo de 3DE (Aubusson y Teulade, 2009: 21).

La satisfacción por los resultados visuales de las películas en 3DE está impulsando a nuevos directores a lanzarse a la aventura de rodar en 3DE, y alguno tan importante en la historia del cine como Ridley Scott ha llegado a afirmar que ya no volverá a rodar si no es en 3DE, ni siquiera en las pequeñas escenas de diálogo (Armenteros, 2012).

EL PROBLEMA DE LA REPRESENTACIÓN DEL 3DE EN UNA PANTALLA 2D

Sin embargo, el 3DE se enfrenta a la dificultad de representar la profundidad en una pantalla de dos dimensiones y, según afirman algunos editores de pe-

lículas como *Walter Much*, éste es el principal problema del 3DE ya que el público tiene que enfocar y hacer converger su mirada en el plano de la pantalla (Ebert, 2011).

En efecto, la representación de la imagen 3D en la pantalla tiene un gran inconveniente, que consiste en que la distancia de enfoque es independiente de la distancia de fijación (Lambooi *et al.*, 2007: 5):

La distancia hacia los objetos del mundo real se estima por nuestro sistema visual, entre otras causas, debido a la vinculación entre la acomodación y convergencia. Las pantallas (auto) estereoscópicas, en cambio, generan un entorno artificial donde se pierde el acoplamiento intrínseco entre acomodación y convergencia. Conforme la distancia entre el objeto virtual y la pantalla va aumentando, la imagen representada por la pantalla se vuelve más difusa y el objeto se percibe más borroso. Si bien nuestros ojos se fijan (convergen) en el objeto virtual 3D, la representación requiere que los ojos enfoquen (se acomoden) en la pantalla, que es donde físicamente se representa la imagen. Por lo tanto, la distancia de acomodación es constante, pero la distancia de convergencia varía en función del grado y el signo de la disparidad (diferencia entre las dos imágenes). Por tanto, la distancia de enfoque es diferente a la distancia de fijación.

The distance towards objects in the real world is estimated by our visual system from among others the linkage between accommodation and vergence. (Auto) stereoscopic displays in contrast, generate an artificial environment, where the intrinsic coupling between accommodation and vergence is lost. As distance between virtual object and display increases, light emitted by the display becomes more diffuse and the object is perceived as more blurred. While our eyes fixate (converge) on the virtual 3D-object, the display requires the eyes to focus (accommodate) on the screen where the image is displayed sharpest. Hence, accommodation distance is constant, but vergence distance varies depending on degree and sign of disparity. As a consequence, distance of focus is independent of distance of fixation.

Los estudios sobre experiencia visual se han centrado mayoritariamente en resolver este problema y analizar los límites humanos para observar una imagen 3D sin que el observador sufra malestar visual.

Por este motivo se ha tratado de evitar que el público centre su atención sobre aquellas zonas de la escena que sobresalgan del plano de la pantalla y que los elementos del encuadre, tanto por detrás como por delante del centro de atención, superen el límite de *disparidad horizontal* permitido para evitar el malestar visual.

Pero ¿cómo conseguir que el observador centre la atención sobre las zonas que serán representadas en el plano de la pantalla y evite mirar hacia otros puntos en la profundidad de la escena?, ¿significa que hay que situar el punto de interés al elemento más próximo a la cámara, y condicionar así un elemento de libertad creativa como era la elección del punto de vista para mostrar la escena?

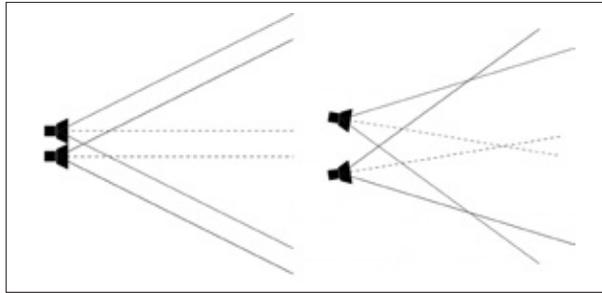
¿Qué ocurre en determinados planos, como el clásico plano-contraplano en los diálogos entre personajes, cuando se intentan filmar en estereoscópico y llevar a la pantalla?, ¿es necesario evitar composiciones que sitúen elementos delante del punto de interés?, ¿hay que rediseñar la composición?

PRINCIPIOS DE OBTENCIÓN DE IMÁGENES ESTEREOSCÓPICAS

Uno de los principales fundamentos para conseguir una imagen estereoscópica que reproduzca con naturalidad el espacio real es la colocación y separación de los ejes de las lentes. Existen dos formas básicas de colocar los ejes de las lentes: en paralelo o cruzados (Kwon *et al.*, 2009).

En paralelo, el eje de la lente izquierda y el de la derecha no se encontrarían nunca, tal como ocurriría si mirásemos al infinito (ver imagen 1.a). Cuando los ejes ópticos están cruzados, en cambio, se utiliza un ángulo de convergencia, determinando que los dos ejes ópticos se crucen en un punto determinado de la escena: el *punto de convergencia* (1.b).

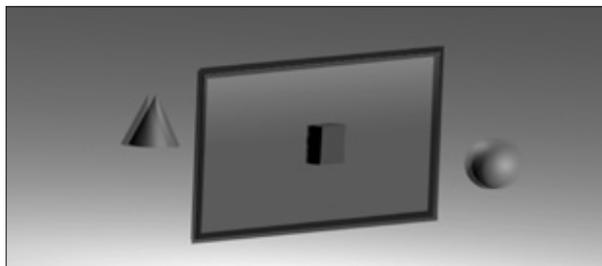
Imagen 1. Modos de obtención de colocación de las lentes en la obtención de imágenes estereoscópicas. Izquierda 1.a: Cámaras con los ejes de las lentes en paralelo. Derecha 1.b: Cámaras con los ejes de las lentes cruzados.



PUNTO DE CONVERGENCIA Y LOS PLANOS DE REPRESENTACIÓN

El punto de convergencia elegido en la grabación debería presentarse visualmente como si estuviera justo en el plano de la pantalla. Esta zona de representación en la pantalla se denomina *zona cero*.

Imagen 2. Representación en pantalla de los objetos situados delante y detrás del punto de convergencia. El cubo es percibido como si se encontrara en el plano de la pantalla; en cambio, el cono (plano posterior) y la esfera (plano anterior) son percibidos con una imagen doble.



Cualquier objeto situado por delante o por detrás de este punto de convergencia será representado en la pantalla con una imagen doble, con una separación (*disparidad*) horizontal que variará en función de la distancia del objeto a la cámara (Kwon *et al.*, 2009). En la figura superior (imagen 2), el cubo se representa como una imagen única en el plano de la pantalla, mientras que la esfera y el cono lo hacen con una imagen doble, por efecto de la disparidad.

Aquellos objetos situados *por delante* del punto de convergencia serán percibidos por el observador en un plano por delante de la pantalla. Este plano se denomina *plano anterior o zona negativa*. Los objetos situados *por detrás* del punto de convergencia serán percibidos por el observador en un plano de profundidad por detrás de la pantalla. Este plano se denomina *plano posterior o zona positiva*.

Cuando en la grabación los ejes de las lentes están paralelos, la zona cero está situada en el infinito. Es decir, los objetos en el infinito aparecerán en el plano de la pantalla y cualquier objeto de la escena entre el infinito y la cámara estará situado en la zona negativa (An *et al.*, 2011; Mendiburu, 2009).

PUNTO DE CONVERGENCIA, FOCO Y PUNTO DE INTERÉS

Tal como se ha mencionado anteriormente, en la representación de la imagen 3DE en la pantalla, la distancia de enfoque es independiente de la distancia de fijación (Lambooi *et al.*, 2007: 5).

Si queremos emular el sistema visual humano en la representación de imágenes estereoscópicas, necesitamos que el punto de interés de la imagen y el punto de convergencia coincidan para que el observador haga converger y acomode sus ojos sobre el plano de la pantalla. Por tanto, la convergencia de los ejes de las lentes, el foco y el punto de interés deberían coincidir.

Para resolver el malestar visual, algunos teóricos recomiendan mantener una separación entre los ejes de las cámaras similar a la distancia entre los ojos (Engle, 2008: 2).

El punto de foco vendrá determinado por el anillo de enfoque de cada objetivo, mientras que el punto de convergencia vendrá determinado por el ángulo de los ejes de las lentes, o mediante un ajuste horizontal en posproducción. En el sistema de visión humano, el foco se consigue gracias a la *acomodación* del cristalino; y el punto de convergencia, como consecuencia del *ángulo de convergencia* de los ojos (Sillero, 2002: 189).

El ojo humano está acostumbrado a enfocar sobre el mismo punto de convergencia. Si nos tapamos un ojo, observaremos que podemos variar el punto de foco sobre cualquier objeto situado a diferentes distancias. Al abrir el otro ojo, observaremos que los dos ojos convergen y enfocan en el nuevo punto.

Cuando se traslada la imagen de la escena a la pantalla, el observador tenderá a hacer converger sus ojos sobre el plano de la pantalla. Si el punto de interés de la imagen y el foco de la cámara coinciden con el punto de convergencia (el plano de la pantalla), el observador realizará una lectura de la imagen como lo haría ante una escena natural.

¿Significa entonces que no podemos colocar objetos por delante del punto de convergencia? Por otro lado, ¿significa que el punto de convergencia y el

punto de foco en el rodaje tienen que coincidir? ¿No podría haber elementos en la composición situados delante o detrás del punto de convergencia que llamasen la atención del observador? ¿Pasa a ser imposible componer, como se dice en el argot cinematográfico, con *términos*, sin generar molestias de recepción?

Este trabajo intenta desentrañar las tareas más comprometidas que acometen los estereógrafos para representar la profundidad de la escena en pantalla: cuál es el tratamiento que hay que dar a los objetos que se encuentran en el punto de convergencia, y cuál el que se aplica a los objetos situados fuera del punto de convergencia, pero que pueden llamar la atención del observador.

Las primeras películas en la época dorada del 3DE en los años cincuenta abusaron de situar objetos fuera de la pantalla, o de lanzarlos contra el observador (Armenteros, 2011) para explotar el efecto sorpresa. Esta técnica llama poderosamente la atención del observador, pero también produce molestias visuales como efectos secundarios, debidas al exceso de disparidad que era necesario forzar para realzar el efecto. Se ha demostrado que el efecto 3D por sí solo no aportaba a la película una mejor experiencia visual, especialmente si se considera que las técnicas utilizadas solían ser burdas o de poca calidad (Lambooij *et al.*, 2007: 2).

El objetivo consiste en comprobar si se ha producido un cambio de tendencia hacia tratar de evitar este tipo de efectos indeseados, consecuencia de colocar objetos delante del punto de convergencia y aproximarlos hacia el observador, a base de observar si existen en el cine de mayor relevancia comercial ejemplos de distintas estrategias en la aplicación de la técnica estereoscópica.

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

Las películas utilizadas en este trabajo han sido concebidas desde un principio en 3DE y durante el año 2010 han estado entre las diez primeras películas con mayor recaudación en las salas españolas. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2010) y *Toy Story 3* (Lasseter, 2010), primer y segundo puesto, respectivamente, y *Shrek para siempre* (*Shrek forever after*, Mitchell, 2010), sexto puesto (MECD, 2010). Se han elegido títulos de un mismo periodo para evitar un sesgo importante en la técnica utilizada que pudiera estar motivado por la evolución tecnológica.

Avatar ha sido la película en 3DE que ha impulsado la segunda época dorada de esta técnica; y *Toy Story 3*, una de las primeras películas de gran éxito comercial planteada por sus creadores en términos de profundidad desde su origen.

Otro criterio de selección ha sido el contar con películas que hubiesen aplicado libremente distintas estrategias en sus soluciones estereográficas en cuanto a convergencia, foco y punto de interés. Por ello, resultaba importante seleccionar filmes producidos en animación infográfica tridimensional, como *Shrek para siempre* y *Toy Story*, en los cuales la decisión de dónde establecer la convergencia es libre para los autores en la etapa de producción, mientras que si se utiliza metraje con elementos

reales (el caso de *Avatar*), lo que se haya decidido para el rodaje tendrá una muy difícil (a veces, imposible) y costosa modificación durante la postproducción.

Como se ha dicho anteriormente, el punto de convergencia será el lugar donde se cruzan los ejes ópticos de las lentes. El establecimiento del punto de convergencia determinará el punto de representación del plano de la pantalla, el plano anterior y posterior. Por lo tanto, la elección de películas producidas enteramente en infografía tridimensional, que utilizan distintas soluciones en cuanto a convergencia, foco y punto de interés, se lleva a cabo partiendo de la base evidente de que esas soluciones se han elegido deliberadamente.

Si la separación de los ejes de las lentes no es apropiada, se producirá una disparidad horizontal entre las imágenes que puede generar malestar visual en el observador (Lambooij *et al.*, 2007: 4).

La *distancia al objeto más próximo* es la distancia entre la cámara y el objeto más cercano a la cámara, y determinará la separación máxima interaxial idónea para evitar el malestar visual. Los estereógrafos han utilizado como referencia la regla de $1/30^1$ para pantallas no cinematográficas (Lipton, 1982: 103; Mendiburu, 2009: 74).

El *foco* hace referencia al punto de la imagen que el observador percibe con nitidez y tiene que ver con la distancia de observación y el *poder de resolución* del ojo humano (Langford, 1991: 52). Asimismo, está relacionado con la profundidad de campo, pues en la medida que existe mayor profundidad de campo, habrá una mayor proporción de imagen nítida por detrás y por delante del punto de foco. Aplicar una correcta profundidad de campo contribuye a reducir el malestar visual (Sun and Holliman, 2009: 3).

En el lenguaje cinematográfico, el uso del foco y la profundidad de campo se han venido utilizando para ayudar a dirigir la mirada y a centrar la atención hacia los puntos de interés, como sucede en los planos con encuadres de personajes en escorzo.

Aunque existen otros factores en la composición que permiten dar pistas al observador sobre lo que es importante o no, como el color, la distribución del peso visual o la iluminación, en este trabajo se considerará el desenfoque como factor técnico-expresivo para dirigir la atención del observador hacia las zonas a foco.

EVITAR COMPOSICIONES CON OBJETOS QUE SOBRESALGAN DE LA PANTALLA

En la composición de los planos de *Toy Story 3* se observa, de forma generalizada, una tendencia a que no queden situados objetos por delante del punto de convergencia y, por tanto, a evitar que existan elementos que sobresalgan del marco de la pantalla hacia el espectador. El punto de interés de la acción se ha establecido a lo largo de toda la película en el *plano de la pantalla* o en la zona positiva, y únicamente en dos ocasiones (imágenes 3 y 4) se ha observado algún elemento del plano en la zona negativa.

Imágenes 3 y 4. Los dos únicos planos de *Toy Story* en que elementos de la imagen se sitúan por delante del punto de convergencia.²



En la película *Shrek para siempre*, se observa que el punto de convergencia se sitúa por regla general en el plano de la pantalla o en la zona positiva, excepto en las escenas de diálogo con dos términos y sólo en dos únicos casos en planos de acción se observa una clara intención de situar elementos en la zona negativa, cuando se lanzan objetos hacia el espectador (imágenes 5 y 6).

Imágenes 5 y 6. Planos de la película *Shrek para siempre* en los que salen los objetos del plano de la pantalla de una forma intencionada, efecto muy utilizado en la época dorada del 3DE en los años cincuenta.



En *Avatar*, en cambio, se han encontrado varios tipos de planos, tanto con movimiento de cámara como estáticos, en cuya composición aparecen elementos del escenario por delante de la pantalla, es decir, en la zona negativa.

Imágenes 7 y 8. Composición con elementos delante del punto de convergencia. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2009). En *Avatar* se observan composiciones con objetos por delante del punto de convergencia.



Los planos de diálogo con personajes en escorzo o de espaldas a la cámara requieren también una decisión importante a la hora de establecer el punto de convergencia en el rodaje. Se han encontrado dos tratamientos diferentes, que serán explicados con mayor profundidad en el siguiente apartado. Por un lado, tanto en *Avatar* como en *Shrek para siempre*, y motivado por el intento de hacer coincidir el punto de convergencia con el punto de interés (en estos casos, normalmente el personaje frontal a cámara toma el mando del diálogo), el personaje de espaldas a cámara o en escorzo queda fuera de la pantalla, en la zona negativa (imágenes 17 y 18). Por otro lado, en *Toy Story 3*, el tratamiento estereográfico utilizado respeta la técnica de mantener todos los elementos de la composición en el plano de la pantalla o en la zona positiva, por lo que en los planos de diálogo el personaje más próximo a cámara está siempre en la zona positiva (imágenes 15 y 16).

CONVERGENCIA Y FOCO ESCLAVOS DEL PUNTO DE INTERÉS

Si observamos libremente una escena de la vida cotidiana, hacemos converger nuestros ojos sobre el aspecto de la escena que nos interesa, y allí hacemos enfocar, inadvertidamente, nuestra mirada. La forma *natural* de mostrar una imagen en 3D en pantalla sería haciendo que el espectador reprodujera este proceso. Puede que, por este motivo, los estereógrafos de *Avatar* y *Shrek para siempre* hayan

apostado por colocar la convergencia y el foco esclavos al punto de interés. O, de otra forma, el punto de interés de la imagen se definirá donde coinciden el punto de convergencia y el foco, y dirigirá así la mirada del espectador mediante un proceso inverso (imagen 9).

Imagen 9. Punto de convergencia esclavo al punto de interés. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2009). El punto de convergencia y el foco coinciden en las composiciones de los planos de *Avatar*.



Pero, ¿qué ocurre cuando se produce un cambio de foco? El cambio de foco es un recurso estético y narrativo que permite dirigir la mirada del espectador desde una zona determinada de la composición del plano hacia otra, haciendo que el ojo viaje en su eje, recorriendo la composición en profundidad. En *Avatar* este recurso es utilizado con bastante frecuencia (se ha detectado en setenta ocasiones) a lo largo de toda la película, y siempre que se ejecuta un cambio de foco como recurso para movilizar en profundidad el punto de interés, es acompañado intencionadamente con un cambio del punto de convergencia. Este esquema se observa tanto en las escenas de diálogo como en determinados planos donde el cambio de foco es motivado por el movimiento de la acción, tal como se muestra en el siguiente plano, en el que la pelota de golf se desplaza por el césped artificial dirigiéndose hacia la taza (imágenes 10a y 10b).

Imagen 10a. Punto de convergencia esclavo al punto de foco. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2009). El foco y la convergencia siguen el movimiento de la pelota, a semejanza de lo que haría el ojo humano.



Imagen 10b. Punto de convergencia esclavo al punto de foco al cambiar el foco hacia un nuevo punto de interés. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2009). En la imagen se observa claramente que tanto el foco como la convergencia se desplazan hacia la taza a la que se dirige la pelota.



El cambio de foco se ha encontrado en diecinueve ocasiones en *Shrek para siempre*. Al contrario que en *Avatar*, es notable comprobar que aquí no se detectan apenas movimientos de foco deliberados como recurso para cambiar el punto de interés. Además, si se cambian el punto de convergencia y el del foco a la vez (sólo nueve de los diecinueve casos), esto sucede tan sólo cuando al cambio de foco le acompañaba algún otro movimiento —como un travelín o una panorámica—. En el resto de casos encontrados se cambia el foco pero la convergencia permanece fija en el primer término.

Imágenes 11a y 11b. Punto de convergencia esclavo al punto de foco al cambiar el foco hacia un nuevo punto de interés. *Shrek para siempre* (*Shrek forever after*, Mitchell, 2010). En la imagen se observa un cambio de foco y convergencia mediante el movimiento de cámara.



Imagen 12a y 12b: Punto de convergencia no esclavo al cambio de foco. *Shrek para siempre* (*Shrek forever after*, Mitchell, 2010). En la imagen se observa un cambio de foco hacia el fondo sin que se produzca un cambio de convergencia, que permanece en el primer término.



Imagen 13a y 13b: Cambio de foco sin cambio de convergencia. *Toy Story 3* (*Toy Story 3*, Lasseter, 2010). En este plano se produce un cambio de foco desde el fondo del plano hacia el primer término donde se encuentra el muñeco Buzz Lightyear sin cambiar el punto de convergencia, que permanece fijo en el primer término.



En la película de *Toy Story 3*, en todos los casos en que se ha producido un cambio de foco (treinta y nueve), salvo una excepción, se ha mantenido la convergencia en el primer término, independientemente de dónde se sitúe el nuevo punto de interés, como se explica con mayor detalle en el siguiente punto.

CONVERGENCIA NO ESCLAVA AL PUNTO DE INTERÉS: LA CONVERGENCIA AL PRIMER TÉRMINO

En ocasiones parece inevitable que aparezcan elementos de interés por delante del punto de convergencia, tal como ocurre en los planos en escorzo para componer planos de situación y de diálogo, o para añadir elementos de subjetividad a la forma de narrar una escena, por ejemplo.

Una solución no narrativa para evitar que los objetos salgan fuera del marco de la pantalla es realizar la convergencia sobre el primer término. Así, todo lo que hay detrás del primer término aparece detrás de la pantalla, en la zona positiva. En *Toy Story 3* se ha utilizado esta técnica como una constante a lo largo de toda la película (imagen 14), aunque el punto de interés no se encuentre necesariamente en el primer término.

Imagen 14. Convergencia esclava al primer término. *Toy Story 3* (*Toy Story 3*, Lasseter, 2010). Plano en escorzo de Woody donde la convergencia es esclava al primer término.



En el plano de situación semisubjetivo de Woody (imagen 14) se puede observar que la convergencia se ha fijado al primer término, mientras que la zona enfocada, donde supuestamente está dirigida la atención del observador, está fuera del punto de convergencia.

Igualmente ocurre en el tratamiento de los planos en escorzo en las situaciones de diálogo (que suman un total de catorce), donde hay un personaje frontal a cámara y otro en escorzo. Si se aplicara la convergencia sobre el personaje que está frontal a la cámara, el otro personaje quedaría fuera de la pantalla, en la zona negativa.

Imagen 15. Convergencia esclava al primer término. *Toy Story 3* (Lasseter, 2010). En este plano Andy está fuera del punto de convergencia pero apenas se percibe, porque la disparidad es mínima debido a la proximidad del primer personaje a cámara.



Imagen 16. Convergencia esclava al primer término. *Toy Story 3* (Lasseter, 2010). En este otro plano se aprecia bastante bien el criterio general aplicado en toda la película de converger sobre el personaje que está más próximo a la cámara, pese a no constituir el punto de interés.



Se observan, pues, dos formas diferentes de la aplicación de la convergencia con respecto al punto de foco. Tal como se explicaba anteriormente, en *Shrek para siempre* y en *Avatar* el tratamiento es diferente a *Toy Story 3*, y el hecho de que se sitúen personajes en la zona negativa es inevitable siempre que se fije el punto de convergencia más allá del primer término (imágenes 17 y 18).

Imagen 17. Punto de convergencia esclavo al punto de interés. *Avatar* (*Avatar*, Cameron, 2009). Plano en escorzo donde el punto de convergencia (Dr. Grace) se hace solidario al punto de interés y de foco, y Jake queda, en escorzo, en la zona negativa.



Imagen 18. Punto de convergencia esclavo al punto de interés. *Shrek para siempre* (*Shrek forever after*, Mitchell, 2010). Las piernas de Rumpelstiltskin quedan en la zona negativa.



¿Por qué tanto en *Avatar* como en *Shrek para siempre* se ha optado por fijar el punto de convergencia sobre el punto de interés dejando el personaje de espaldas fuera del marco de la pantalla? ¿Significa que los estereógrafos no han considerado el posible malestar que puede generar este tipo de composiciones?

La ayuda del desenfoco para minimizar el efecto de los elementos en primer término

La utilización de objetos o personajes de la escena situados por delante del motivo principal es una técnica utilizada comúnmente en composición de imágenes (Hedgecoe, 1991: 96). Sin embargo, en el proceso de composición de imágenes estereoscópicas, si se converge sobre el punto de interés, aquellos elementos situados entre el punto de convergencia y la cámara quedarán en

la zona negativa, por lo que los elementos utilizados para enmarcar la imagen pueden aparecer fuera del marco de la pantalla y provocar malestar visual (Liu *et al.*, 2011: 255).

Imagen 19. Componer con objetos en primer término (Armenteros, 2011). Composición en la que el punto de convergencia se fija en la farola, y las ramas de la esquina superior izquierda, utilizadas para enmarcar la escena y dar profundidad, se representan en la zona negativa.



El problema en este tipo de composiciones en 3DE es que, si la profundidad de campo es muy amplia, el observador puede centrar la atención sobre los objetos que aparezcan en el primer término e intentar hacer converger su mirada sobre ese punto, tal como se puede apreciar en la imagen 19. Si además la disparidad horizontal es muy grande y el objeto llama la atención por su ubicación en la composición, la imagen provocará malestar visual porque fuerza al observador a converger sobre un punto que está a foco (hay acomodación), pero sobre el cual no puede realizar la convergencia.

Imagen 20. Componer con objetos en primer término (Armenteros, 2011). El poste en primer término, recortado por el marco, y colocado en una zona de gran interés puede llamar la atención y generar malestar visual al llamar al observador a forzar la convergencia.



Se ha observado que en las escenas de diálogo donde la convergencia se fija sobre el personaje frontal a cámara, los personajes de espaldas aparecen bastante desenfocados (imágenes 17 y 18).

Si nos fijamos en la columna de la imagen 20, a pesar de existir la misma disparidad horizontal, la sensación de malestar visual es menor. El desenfoco ayuda a minimizar el problema de malestar visual (Sun and Holliman, 2009: 3). Tal como ocurre en nuestra vida cotidiana cuando centramos nuestra atención sobre un punto cualquiera, el resto de información se percibe desenfocada y se discrimina.

Imagen 21. Utilización del desenfoco para desviar la atención en composiciones con objetos en primer término (Armenteros, 2011). El poste en primer término, recortado por el marco y colocado en una zona de gran interés, puede llamar la atención y generar malestar visual.



CONCLUSIONES

Uno de los problemas que plantea la visualización de imágenes estereoscópicas cuando se intenta representar la escena en la pantalla es la independencia entre el punto de convergencia y el foco (acomodación). El punto de convergencia de la escena establecido en la toma coincidirá con el plano de la pantalla, pero si el observador quisiera enfocar sobre otra parte de la imagen situada más alejada en profundidad, la convergencia seguirá estando sobre el plano de la pantalla, y esta incoherencia podría generar malestar visual, pues en la cotidianeidad el observador es dueño de foco y convergencia.

En este trabajo se han analizado las distintas soluciones estereográficas para aplicar a situaciones complejas que relacionan punto de convergencia, punto de interés y foco, tal como se muestran en tres películas de máxima aceptación en taquilla, estrenadas durante la misma temporada en España.

Una de las opciones observada ha sido la de mantener la convergencia sobre el primer término de la composición, de forma que el resto de los elementos de la imagen aparezcan en el plano posterior de la pantalla, como si se mirase *a través*

de una ventana. Ésta supone, en cambio, realizar la convergencia siempre al primer término, independientemente de cuál fuese el punto de interés de la imagen, el cual podría situarse en un plano de profundidad diferente, pero siempre en zona positiva. Esta estrategia de asociar el punto de convergencia a la pantalla de proyección ha sido la observada en el tratamiento de las escenas del film *Toy Story 3*.

En las películas *Avatar* y *Shrek para siempre* se ha detectado una asociación del punto de convergencia con el punto de interés. Esta configuración supone que aquellos objetos entre el punto de interés y la cámara se percibirán entre la pantalla y el observador (en la zona negativa), y ha sido aplicada por ambas películas en el tratamiento de todos sus planos, aunque se evidencia, principalmente, en las construcciones plano-contraplano.

En las escenas de diálogo, en los diferentes tratamientos utilizados habitualmente para mostrar personajes enfrentados en términos distintos de profundidad, bien con un personaje en escorzo, bien con los dos personajes mirando a cámara, se ha observado que, en algunas ocasiones, se ha realizado la convergencia sobre el personaje en primer término (*Toy Story 3*), o bien se ha mantenido la convergencia sobre el personaje frontal a la cámara, respetándose la regla de 1/30 en el establecimiento de la separación interaxial (*Avatar* y *Shrek para siempre*), pero manteniendo el primer término en la zona negativa. En el caso en que algún personaje quedase instalado en dicha zona, queda desenfocado para desviar la atención hacia otra parte del encuadre y minimizar los posibles efectos de malestar visual.

Con respecto al tratamiento estereográfico en los planos con cambio de foco, se han observado dos tratamientos distintos: cambiar la convergencia haciéndola esclava al nuevo punto a foco y mantener la convergencia en el primer término. En el film *Toy Story 3*, en las ocasiones en que se ha producido un cambio de foco se ha mantenido la convergencia en el primer término, independientemente de que el foco cambie conduciendo el punto de interés hacia otro objeto o personaje.

En *Avatar* se ha observado que en todos los casos en que se produce un cambio de convergencia hacia el nuevo punto a foco, se produce también un cambio del punto de convergencia. Se ha utilizado tanto en escenas de diálogo como en otro tipo de planos de acción en los que cambia el foco.

En el film *Shrek para siempre*, hay casos en los que la convergencia sigue al foco y otros en que el foco cambia y la convergencia permanece. Se ha observado que en todos los casos en que se ha cambiado la convergencia esta transición se ha articulado sobre un movimiento que supone el desplazamiento del objetivo, con un travelín de acercamiento (la mayoría de los casos) o con una panorámica. Asimismo, en las composiciones para mostrar un diálogo con dos términos de profundidad, el cambio de convergencia siguiendo a un cambio de foco sólo se ha producido en un par de ocasiones y se ha resuelto también con una panorámica y un travelín de acercamiento.

En las películas analizadas no existe una tendencia clara para forzar cambios en la forma de componer los planos que aprovechasen las ventajas de la profundidad espacial ofrecidas por las imágenes estereoscópicas. Más bien parece que se han buscado soluciones estereográficas que eviten que determinados elementos de la escena salgan fuera de la pantalla y puedan generar malestar visual, como

ocurrió en la época dorada del 3DE en los años cincuenta. Es decir, se ha sacrificado en parte el efecto sorprendente de las salidas de pantalla con la finalidad de obtener la aceptación del máximo número de espectadores.

De las tres películas, *Avatar* es el film que ha utilizado en mayor medida el recurso de mover elementos hacia la zona negativa, indistintamente en escenas de diálogo o de acción. La nueva versión de *Avatar* permitirá verificar si se mantiene la tendencia hacia soluciones estereoscópicas de aceptación familiar como las utilizadas en esta película.

Es probable que la tendencia más conservadora de mantener las composiciones detrás de la pantalla —en zona positiva—, como se observa en *Toy Story 3* y en menor medida en *Shrek para siempre*, sea más bien pasajera. Se necesitarán nuevas investigaciones para comprobar si las películas más recientes apuestan por aprovechar el rango de profundidad completo y, por tanto, una mayor presencia de elementos delante de la pantalla, aunque sea en detrimento de una reducción del espacio representado. Pero también puede ocurrir que dicha tendencia se convierta en un recurso estético que se asiente como respuesta a una necesidad técnica para evitar el malestar visual.

Manuel Armenteros Gallardo es profesor visitante de Tecnología de los Medios Audiovisuales y de Postproducción Digital en la Universidad Carlos III de Madrid (Departamento de Periodismo y Comunicación Audiovisual), además de técnico superior en Imagen Foto-

gráfica por el Instituto Carlos María Rodríguez Valcárcel. La investigación de Manuel Armenteros se centra en las aportaciones de la imagen estereoscópica a la experiencia visual del observador y las posibles repercusiones en el lenguaje visual.

Anto J. Benítez ejerce como profesor de Tecnología de los Medios y de Realización Audiovisual en la Universidad Carlos III de Madrid (Departamento de Periodismo y Comunicación Audiovisual). Es doctor en Ciencias de la Información por la Universidad Compluten-

se de Madrid. Ha ejercido profesionalmente como realizador en distintos medios. Uno de sus intereses de investigación actuales consiste en el uso narrativo del 3DE para la mejora de la experiencia del espectador y, más en concreto, su aplicación a los programas multicámara.

Notas

¹ La regla 1/30 es comúnmente aceptada por los estereógrafos para conseguir una disparidad horizontal apropiada y determina que la separación entre los ejes de las lentes (distancia interaxial, DI) no debería superar 1/30 la

distancia al objeto más próximo a la cámara.

² En la codificación anaglífica, las zonas que no están en convergencia se manifiestan en una imagen doble (cian y rojo) en los contornos de las figuras.

Bibliografía

- An, S.M. [et al.] (2011). "Interaxial Distance and Convergence Control for Efficient Stereoscopic Shooting using Horizontal Moving 3D Camera Rig". *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 59, p. 2176-2181.
- Armenteros, M. (2011). "El 3d Estereoscópico ha vuelto para quedarse." *Telos. Cuadernos de Comunicación e Innovación*, 288.
- . (2012). Ridley Scott sólo trabajará en 3D. *Stereoscopic 3D*. Disponible en: <<http://stereoscopic3d.labhipermedia.net/2012/04/01/tendencias-hacia-el-3de/>>. Consultado el 27 de mayo de 2012.
- Aubusson, M.; Teulade, V. (2009). *Eyes wide open. 3D Tipping Points Loom*. PricewaterhouseCoopers. Disponible en: <<http://www.pwc.com/gx/en/entertainment-media/publications/eyes-wide-open.jhtml>>. Consultado el 25 de mayo de 2012.
- MECD (2010). *Recaudación de películas en cines, año 2010*. Disponible en: <<http://www.mcu.es/cine/MC/CDC/Anio2010/CinePeliculasRecaudacion.html>>. Consultado el 24 de mayo de 2012.
- Ebert, R. (2011). Why 3D Doesn't Work and Never Will. Case closed. Disponible en: <http://blogs.suntimes.com/ebert/2011/01/post_4.html>. Consultado el 27 de mayo de 2012.
- Engle, R. (2008). "Beowulf 3D: A Case Study". En Woods, A.; Holliman, N.; Merritt, J. (eds.) *Stereoscopic Displays and Applications XIX*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 68030R-68030R-9
- Hedgcock, J. (1991). *Práctica fotográfica. El paisaje*. Barcelona: CEAC.
- Häkkinen, J. [et al.] (2008). "Measuring Stereoscopic Image Quality Experience with Interpretation Based Quality Methodology". En: Farnand S. y Gaykema, F. (eds.). *Image Quality and System Performance V*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 68081B-68081B-12.
- Kwon, K. Ch. [et al.] (2009). "Vergence Control of Binocular Stereoscopic Camera Using Disparity Information". *Journal of the Optical Society of Korea*, 13, p. 379-385.
- Lambooi, M.; Ijsselstein, W.; Heynderickx, I. (2007). "Visual Discomfort in Stereoscopic Displays: A Review". En: Woods, A. [et al.] (eds.). *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIV*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 64900I-1-64900I-13.
- Langford, M. (1991). *Fotografía básica*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Lipton, L. (1982). *Foundations of the Stereoscopic Cinema: A Study in Depth*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Liu, Ch.W. [et al.] (2011). "3D Cinematography Principles and Their Applications to Stereoscopic Media Processing". En: Candan, K. [et al.] *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimedia*. New York: ACM, p. 253 -262.
- Mendiburu, B. (2009). *3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen*. Amsterdam; Boston: Focal Press/Elsevier.
- Sillero, M. (2002). *La percepción de trayectorias como tarea visual. Propuesta de evaluación en fútbol*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://oa.upm.es/187/1/Tesis_manuel_sillero.pdf>. Consultado el 10 de mayo de 2012.
- Sun, G.; Holliman, N. (2009). "Evaluating Methods for Controlling Depth Perception in Stereoscopic Cinematography". En: Woods, A.; Holliman, N.; Merritt, J. *Stereoscopic Displays and Applications XX*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 1-12. Disponible en: <<http://www.dur.ac.uk/n.s.holliman/Presentations/SDA2009-Sun-Holliman.pdf>>. Consultado el 1 de junio de 2012.