
El hombre sin sombra (2000): la anatomía del cuerpo humano bajo la visión de los efectos especiales

Juan A. Juanes Méndez

Departamento de Anatomía Humana. Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca (España).

Correspondencia: Juan A. Juanes Méndez. Facultad de Medicina. Avda. Alfonso X El Sabio s/n. 37007 - Salamanca (España).

e-mail: jajm@usal.es

Recibido el 6 de febrero de 2015; aceptado el 19 de febrero de 2015.

Resumen

Este thriller de ciencia ficción, con efectos especiales impresionantes, permite ver en toda su extensión la anatomía del cuerpo humano, tanto en su aspecto vascular como en el músculo-esquelético. La película se desarrolla en un laboratorio, en donde unos científicos han conseguido la fórmula de la invisibilidad y su regresión, tras efectuar distintas pruebas en animales de experimentación. El paso siguiente es probarlo sobre el ser humano. Durante todo el proceso se puede visualizar el llenado de los diferentes vasos arteriales y venosos, así como los diferentes músculos que toman inserción en el aparato óseo, con una excelente animación visual.

Palabras clave: anatomía humana, efectos especiales, técnica chromakey.

Summary

This sci-fi thriller with astonishing special effects allows to fully see the extent of the anatomy of the human body, both vascular and musculoskeletal appearance. The film takes place in a laboratory, where scientists, after carrying out various experimental tests in animals, have found out the formula for invisibility and its regression. The next step is to test it on human beings. Throughout the whole process the filling of different arterial and venous vessels can be visualized as well as the different muscles inserted into bone apparatus with excellent visual animation.

Keywords: Human Anatomy, Special effects, Chromakey technique.

El autor declara que el artículo es original y que no ha sido publicado previamente.

Ficha técnica

Título: *El hombre sin sombra*.
Título original: *Hollow Man*.
País: Estados Unidos.
Año: 2000.
Director: Paul Verhoeven.
Música: Jerry Goldsmith.
Fotografía: Jost Vacano.
Montaje: Mark Goldblatt.
Guión: Gary Scott Thompson y Andrew W. Marlowe.
Intérpretes: Kevin Bacon, Elisabeth Shue, Josh Brolin,...
Color: color.
Duración: 112 minutos
Género: thriller, ciencia ficción
Productora: Columbia Pictures, Global Entertainment Productions GmbH & Company Medien KG.
Sinopsis: "Tras años de experimentación, el brillante y arrogante científico Sebastian Caine ha descubierto la fórmula para hacer invisible la materia. Obsesionado con su proyecto, obliga a sus colaboradores a que lo utilicen como cobaya humana. La prueba constituye un éxito, pero el proceso resulta irreversible. Condenado a una vida sin cuerpo, Caine empieza a mostrar una conducta muy extraña" (FilmAffinity).
Premios: nominada al Óscar a los Mejores Efectos Visuales (2001).
Enlaces:
<http://www.imdb.com/title/tt0164052>
<http://www.filmaffinity.com/es/film157335.html>

[Trailer](#)

La historia

El biólogo Sebastián Caine (Kevin Bacon), creador de una fórmula para hacer invisible a los animales, busca afanosamente la fórmula para lograr la regresión de la invisibilidad. En tan solo doce meses de trabajo lo consigue, observando en su ordenador la estabilidad de la molécula.

Previamente ha experimentado con un gorila la invisibilidad. En el laboratorio se lleva a cabo el experimento con el animal. Para ello inyectan en una vía venosa del animal la sustancia elaborada, rellenándose todo el árbol vascular. Poco a poco el resto de estructuras anatómicas empiezan hacerse visibles. Durante el proceso



surge un problema cardíaco en el animal, el cual fue regulado con la utilización de un desfibrilador, recuperando todas las constantes vitales. El equipo de investigación celebra el éxito del experimento.

La inquietud por los avances en la investigación hace que sientan el interés por realizar este experimento sobre un ser humano, una vez visto que ha funcionado sobre un gorila y sobre otros animales de experimentación como en un perro. Los hallazgos científicos son expuestos a un comité del Pentágono, con el fin de explicarles los resultados obtenidos, con miras a utilizarlos como una estrategia en el ámbito militar.

Deciden dar el salto definitivo y aplicarlo al ser humano, siendo Sebastián el voluntario que se ofrece para esta prueba. Ya se habían recuperado siete primates, por lo que se decide ya ejecutar el experimento sobre una persona.

Todo está preparado para la prueba. Ser el primer hombre que se hace invisible, es toda una proeza.

En el laboratorio se prepara el suero irradiado para ser inyectado. El mismo científico se inyecta la sustancia a través de la vena de la flexura del codo.

Poco a poco empieza anotarse los efectos de la inyección administrada y se empieza a ver como su piel desaparece y se comienzan a mostrar las estructuras anatómicas del aparato locomotor: los músculos, vísceras,...; las pulsaciones del individuo cada vez son más bajas y termina la fase con la invisibilidad del esqueleto. Finalmente las constantes vitales empiezan a estabilizarse.

Durante todo el periodo de invisibilidad se suceden diferentes experiencias que va relatando (sensibilidad a la luz, observación en un espejo, etc...).

Solo con unas gafas especiales de visión térmica se puede localizar al hombre invisible, mediante una gamma de colores que captan los distintos grados de temperatura corporal.

En esta fase, se aprovecha de su situación de invisibilidad para cometer algunas fechorías, con algunas de las chicas del equipo investigador.

Comienza la fase de reversibilidad, inyectando la sustancia por vía venosa. Pero durante el proceso surgen problemas inesperados. Tienen que intubar al científico Sebastian; le realizan una reanimación cardiopulmonar, pero termina nuevamente por hacerse invisible.

El equipo de investigación decide preparar una máscara de silicona para la cara y las manos con el objeto de poder verle. La máscara es cortada a nivel de las órbitas y de la boca.

De nuevo trabajan sobre la fórmula para saber qué es lo que ha fallado. Durante este periodo, Sebastian comienza a desesperarse y a tener actitudes preocupantes. Decide escaparse del laboratorio y salir a la calle donde comete diversas atrocidades, entre ellas un abuso sexual a una vecina.

Su compañera de trabajo, y exnovia, Linda McKay (Elisabeth Shue), acude a la casa de Sebastian, descubriendo que se ha quitado la máscara y ha salido a la calle, poniendo en peligro el secreto de la investigación.

Mientras tanto, en el laboratorio se sigue trabajando en la fórmula de la regresión. Cuando parece que esta ya todo a punto de conseguirse, el proceso se rompe en cascada y el trabajo no da fruto.

Cuando Caine regresa al laboratorio, es vigilado por una cámara de detección térmica; pero Sebastian manipula las cámaras con una grabación en bucle, que simula que esta en su sitio; y vuelve a escapar. Linda descubre pronto el engaño.

Se suceden las reuniones del equipo investigador para valorar cual es el procedimiento a seguir ante esta situación.

Sebastian ataca a su jefe, el Dr. Howard Kramer (William Devane), a quien ahoga en la piscina. La locura en la que se encuentra Sebastian llega hasta el punto en que ha alterado todas las comunicaciones del laboratorio y los códigos de acceso, quedando todos los miembros del equipo investigador a merced de Sebastian. Empieza a asesinar a diferentes miembros del equipo, y una gran explosión, preparada por Sebastian destruye todo el laboratorio.

La única salida escapatoria posible es el hueco del ascensor. Finalmente la película termina con la caída de Sebastian por el hueco ascensor, propiciada por el empujón que le da su compañera de trabajo.

Introducción

En la formación académica universitaria de nuestros alumnos, intentamos aprovechar todas las ventajas potenciales que tienen el uso de recursos audiovisuales como el cine y otros sistemas tecnológicos aplicados a la docencia, que motiven y faciliten el aprendizaje y la comprensión de fenómenos médicos complejos y estructuras anatómicas corporales^{1,2}.

Las películas comerciales de contenido médico, posibilitan la creación de un nuevo espacio de formación académica complementaria^{1,2,3}. Estos recursos cinematográficos constituyen nuevos procesos de aprendizaje y de transmisión del conocimiento a través de estos medios audiovisuales⁴. El profesor, como transmisor de conocimientos, debe manejar diversos cauces de transmisión de los contenidos docentes, como estrategias de aprendizaje y dirigiendo al universitario en su labor formativa⁵.

El cine puede contribuir, de forma atractiva y lúdica, a la mejora del proceso de formación en el campo de las ciencias de la salud, así como en otras áreas de conocimiento, lo que conlleva a conocer bien estos recursos adicionales de aprendizaje para utilizarlos como medios de trabajo positivos y complementarios, que supongan un aumento de la calidad en la formación médica.

Una parada por algunas escenas anatómicas de la película

La inyección intravenosa de una sustancia es el medio más rápido para administrar un compuesto. La película nos muestra como mediante la canalización periférica de una vía, inmediatamente de la administración de la sustancia, vemos como la sangre fluye por el árbol circulatorio, transportando los elementos que contiene a todo el organismo. Las imágenes cinematográficas nos muestran cómo se van llenando todos los vasos sanguíneos, permitiéndonos valorar cada una de las ramas vasculares (Fotos 1-4), y analizar morfológicamente si son correctas o no esas ramas arteriales que se reflejan.

En el caso de la inyección en la extremidad superior, las venas de elección son la cefálica y la basílica. También se aprecia el llenado del corazón como una bomba muscular y hueca que impulsa y recoge toda la sangre arterial y venosa que circula por todo nuestro cuerpo. La película muestra como todo el flujo sanguíneo fluye por los diferentes vasos sanguíneos, rellenándose progresivamente todos ellos como se aprecian en las imágenes. El flujo sanguíneo global de la circulación de un adulto en reposo es de unos 5000 mililitros minuto. El

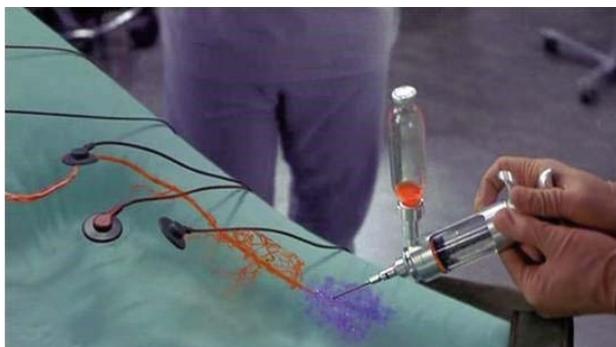


Foto 1. Inyección de la sustancia mediante canalización periférica en la vena superficial de la extremidad superior.

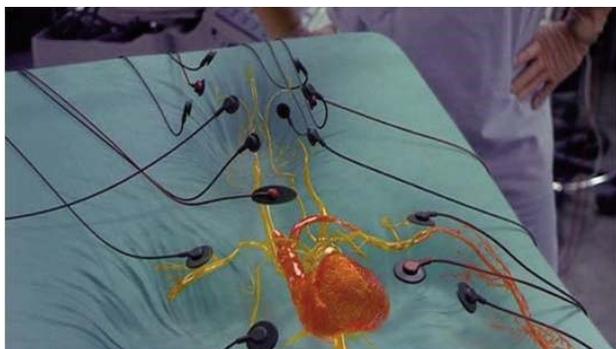


Foto 2. Llenado del corazón, observándose los diferentes vasos que parte de él.

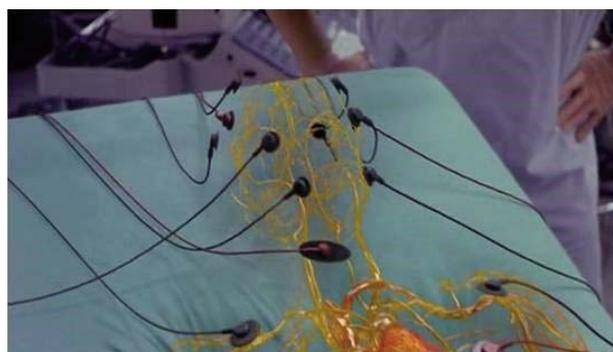


Foto 3. Llenado de los vasos sanguíneos del cuello y la cabeza.



Foto 4. Detalle del llenado sanguíneo a nivel de la cabeza.

flujo en el sistema venoso no es pulsátil salvo en las grandes venas en su llegada al corazón.

El sistema músculo-esquelético también está muy bien conseguido en esta película, permitiéndonos observar cada uno de los músculos que toman inserción en las diferentes estructuras óseas (Fotos 5, 6, 7 y 8). Existen más de 650 músculos por todo el cuerpo. Estos músculos permiten la movilidad de nuestro cuerpo, al traccionar sobre las diferentes articulaciones óseas. Los músculos, junto con el sistema óseo, proporcionan la estabilidad a nuestro organismo. Aproximadamente un 40% del peso total de nuestro cuerpo, está constituido por músculos.

Esta película ofrece una buena visión de cada uno de los músculos del cuerpo humano.

Finalmente, las últimas estructuras anatómicas en hacerse invisibles corresponden a los huesos (Fotos 9 y 10). Todo el esqueleto está muy bien conseguido, permitiéndonos valorar, no solo las diferentes estructuras óseas, sino el movimiento que se establecen entre los huesos. La animación elaborada en la película está muy lograda.

Las imágenes muestran además, como se lleva a cabo el proceso de intubación. La intubación traqueal

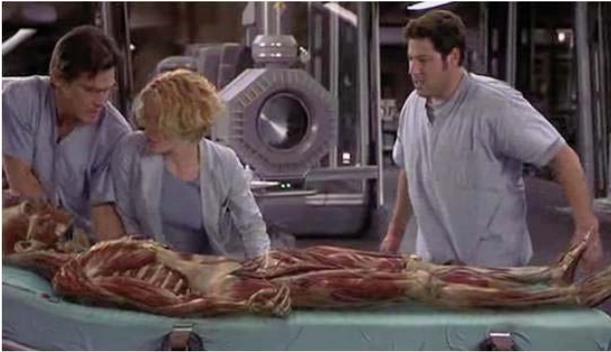


Foto 5. Visión de todo el sistema músculo-esquelético sobre la camilla del laboratorio.

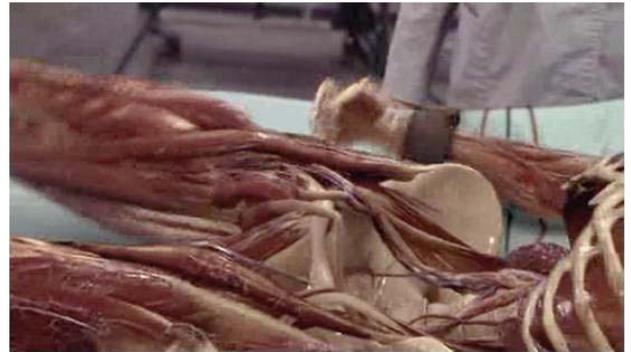


Foto 7. Detalle de los músculos de la pelvis y extremidad inferior, con sus inserciones óseas.



Foto 6. Detalle de los músculos de la cabeza y tórax, con sus inserciones óseas.



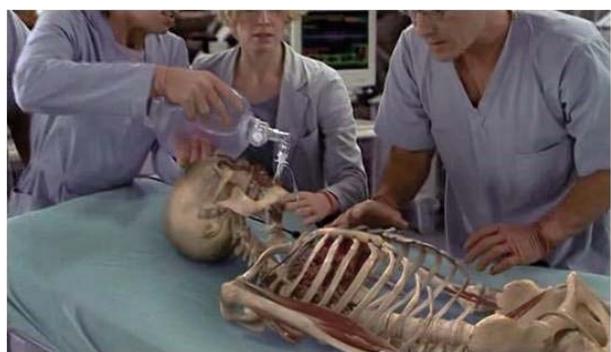
Foto 8. Detalle de algunos músculos del muslo, flexionando la articulación de la rodilla.

es la introducción de un tubo flexible en la tráquea para proteger la vía aérea y proveer los medios para una ventilación mecánica. La más frecuente es la orotraqueal como la que se muestra en esta película (Foto 11).

Un recorrido por los efectos especiales de la película. La técnica del chromakey

En el cine es muy frecuente emplear técnicas destinadas a crear una ilusión audiovisual, mediante diferentes efectos especiales⁶, consiguiendo en el espectador

que se adentre en escenas que no pudieran ser obtenidas de forma natural, como es el caso de la transformación de un hombre en invisible, pasando por diversas etapas de desaparición del cuerpo humano, desde la piel hasta el esqueleto. Esto se puede conseguir mediante la extracción o inclusión de elementos en un plano. Todo ello se logra por la combinación de diferentes técnicas⁷. Los avances más importantes han venido del empleo de equipos informáticos, tanto para el control de los movimientos de la cámara como para generar o modificar imágenes y sobre todo en la animación⁸.



Fotos 9 y 10. Imágenes del esqueleto sobre la camilla del laboratorio, en la fase final de la invisibilidad.



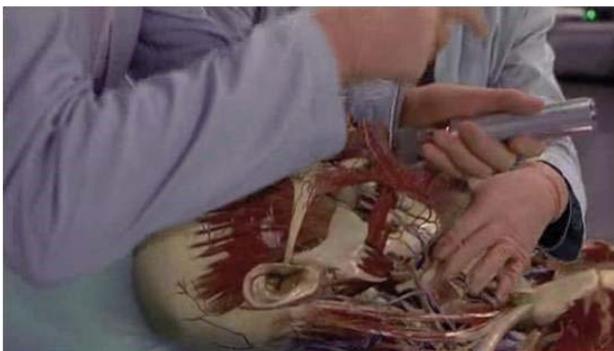


Foto 11. Detalle del proceso de intubación orotraqueal, para la ventilación aérea.

La película que nos ocupa, una buena parte de la misma, está realizada bajo los efectos técnicos del chromakey (Fotos 12 y 13).

Para la realización de una escena, el objeto y sus puntos de referencia son tomados independientemente y luego son compuestas. Para este efecto es necesario que el fondo de la imagen que se va a sobreponer no sea visible, por esto se filma contra fondo verde, o algunas veces azul cromado. Esta área es, posteriormente, borrada haciendo el fondo de la imagen transparente.

Posteriormente, hay que preparar el material óseo, muscular, etc... para darle animación. Animar un objeto" es hacer que este se mueva de manera realista. Y animar a un ser humano, con sus diferentes estructuras corporales, es mucho más difícil que animar cualquier otro objeto. Para darle movimiento al modelo de una persona, se necesita realizar una cuidadosa observación de la relación entre el movimiento de sus brazos o piernas, con respecto a todo el cuerpo. Todo ello debe ser exacto y preciso, con el fin de darle una apariencia real a la escena. Por ello, para lograr esta exactitud de la animación, se utilizan desarrollos informáticos específicos por ordenador.



La técnica del chromakey es una constante en muchas películas, pues permite insertar una imagen y que parezca que forma parte real del primer plano.

Esta técnica se basa en un proceso electrónico que combina las señales de salida de dos o más cámaras entre sí y/o con otras fuentes externas, obteniendo como resultado una mezcla uniforme y visualmente indetectable. En definitiva, consiste en la creación de imágenes donde el fondo y el primer término de las mismas han sido rodados de forma independiente. El proceso consiste en obtener mascarar, esto es, una imagen con zonas opacas y zonas transparentes del primer término que permiten ver u ocultar el fondo o este primer término alternativamente hasta la composición final.

La clave del proceso está en el sistema de grabación que no solo trabaja con dos fuentes distintas, una primaria y otra secundaria, sino que posee un dispositivo electrónico capaz de detectar la señal de un determinado color, generalmente el azul o verde, actuando como sigue: si no recibe señal de color azul o verde, graba tomando como origen la fuente primaria; y si recibe señal de color azul, desconecta la grabación que está efectuando de la fuente primaria e, inserta en su lugar la fuente secundaria. Cuanto mayor sea la capacidad del dispositivo para desconectar las zonas de azul o verde sin afectar al resto de gamas cromáticas, sobre todo las más próximas a este, mayor será la calidad del producto final.

El chromakey se puede usar con distintos colores de fondo aunque, como hemos expresado anteriormente, los más utilizados son el azul y el verde ya que en la filmación suelen intervenir personas y estos colores son los menos presentes en la piel humana con lo cual evitamos que parte de estos pueda ser borrados junto con el fondo. Por otro lado, el color azul y el verde, fueron



Fotos 12 y 13. Visión del traje verde puesto al actor de la película para la superposición de los elementos músculo-esqueléticos.

de los colores más usados desde el principio y eso hace que haya mucha mayor gama de filtros y efectos para estos colores que para otros. El problema de usar azul es que es más caro que el verde ya que este es más sencillo de iluminar, es decir necesita menos potencia de luz. No obstante, otros colores que se suelen usar como fondo para esta técnica son, el amarillo y el rojo.

Tradicionalmente se ha considerado usar el croma azul si se rueda en 35mm y se utilizan técnicas habituales de laboratorio (optical printer). En video, sea SD o HD se ha considerado usar el verde normalmente por tener menos ruido y mayor información, esto es, un muestreo 4:2:2 significa que el canal verde que se corresponde con el valor Y de luminancia, tiene el doble de información que los otros dos colores. En realidad, esta información mayor no es tanta como para desechar el uso de cromas azules. Con las nuevas cámaras digitales que graban en RGB 4:4:4 o con la versatilidad de las nuevas emulsiones la elección del color del croma pasa estrictamente por lo que tengamos que fotografía en el primer término y esto en dos sentidos, uno, las características del actor, por ejemplo color del pelo, color de ojos, tono de color de los maquillajes y otro por el vestuario.

Para que el efecto sea completo y se eviten reflejos y brillos, la luz, con la que se iluminan tanto la acción como el fondo, debe ser blanca y preferiblemente producida por tubos fluorescentes de alta frecuencia, que eviten el pestañeo (flicker) que se produce si se filma a distintas velocidades o con variaciones del obturador. La razón por la que se prefiere el uso de fluorescentes en lugar de bombillas de tungsteno es que estas desprenden pequeñas emisiones de tonos ocres que interfieren en el proceso.

Existen varios problemas en el manejo de esta técnica del chromakey, siendo los dos más usuales los siguientes: por un lado los reflejos, si en la acción interviene elementos relucientes estos reflejarán el fondo neutro sobre el que se graba y serán borrados junto con este. El problema no es fácil de solucionar y aunque se puede mitigar con diferentes iluminaciones lo usual es retocar digitalmente la zona borrada. El otro problema es la luz sobre los personajes, si estos reciben contraluz azul o verde (u otros próximos a estos espectros) en el montaje final se verán rodeados por un pequeño halo de estos colores. Para evitarlo y siempre que no sea posible iluminarlos con otros colores se debe sustituir el fondo azul o verde por uno de otro color (amarillo o rojo).

Las nuevas técnicas de borrado digital permiten la eliminación de cualquier elemento y, por otra

parte, la aparición de las modernas cámaras digitales, están reduciendo todo a datos binarios, con lo que cualquier cosa es posible hacerla desaparecer de la pantalla.

Por otro lado, la generación por ordenador de escenarios o fondos virtuales, a partir de imágenes 3D, permiten crear ambientes que en realidad no existen. A diferencia de las técnicas utilizadas desde los inicios del cine, cuyos fondos eran estáticos y correspondían solo a un encuadre de cámara, los sets virtuales juegan con los movimientos de cámara, permitiendo a los personajes interactuar con elementos creados digitalmente, consiguiendo así un mayor realismo. Para crear un set virtual es necesario contar con algunos elementos de software y de hardware así como de un equipamiento especializado. El desarrollo de las tecnologías ha permitido su fácil adquisición y su aplicación en diferentes campos de medios audiovisuales.

La película que nos ocupa recibió la nominación al Oscar para Efectos Especiales.

Referencias

1. Juanes JA. *Viaje Alucinante* (1966): un acercamiento atractivo al estudio de la Anatomía, mediante un recorrido por el interior del cuerpo humano. Rev Med Cine [Internet] 2013;9(3):125-128. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/es/150-vol9/num3/751-viaje-alucinante-1966-un-acercamiento-atractivo-al-estudio-de-la-anatomia-mediante-un-recorrido-por-el-interior-del-cuerpo-humano-en-scribd>
2. Juanes JA. *El Chip Prodigioso* (1987): una experiencia cinematográfica para una discusión reflexiva en el aula sobre Anatomía Humana. Rev Med Cine [Internet] 2014; 10(1):19-25. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/es/volumenes/volumen10/num1/782>
3. Darbyshire D, Baker, P. A systematic review and thematic analysis of cinema in medical education. Medical Humanities. 2012;38(1):28-33.
4. Alexander M, Lenahan P, Pavlov A. Cinemeducation: a comprehensive guide to using film in medical education. Oxford: Radcliffe Publishing; 2005.
5. Amar Rodríguez V. Comprender y disfrutar el cine. La gran pantalla como recurso educativo. Huelva: Grupo Comunicar Ediciones; 2003.
6. Hamilton J. Efectos Especiales En Cine y En Television. Barcelona: Molino; 1998
7. White, T. Animación del lápiz a pixel: técnicas clásicas para animadores digitales. Barcelona: Omega; 2010.
8. Selby A. Animación. Nuevos proyectos y procesos creativos. Barcelona: Parramón Ediciones; 2009.



Dr. Juan A. Juanes Méndez. Profesor de Anatomía Humana, de la Universidad de Salamanca. Subdirector del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación y responsable del grupo de investigación reconocido sobre Sistemas de Visualización Médica Avanzada (VisualMed System), el cual ha elaborado diferentes películas médicas, siendo varias de ellas premiadas en diferentes Certámenes Internacionales de Cine Médico.