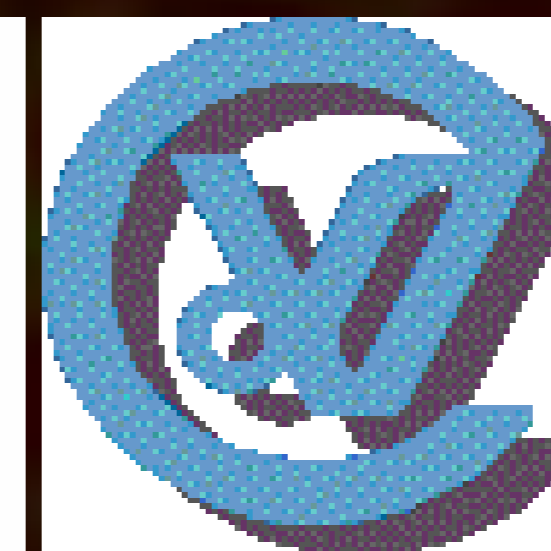


# SEM + SEM + 3D + 3D

José Ramos-Vivas



Servicios de Microbiología e Inmunología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (HUMV), Instituto de Formación e Investigación Marqués de Valdecilla (IFIMAV), SANTANDER, CANTABRIA.

E-mail: ifimav.jvivas@fmdv.org

## Introducción

La primera SEM del título se debe a este congreso. La segunda SEM a la microscopía electrónica de barrido. 3D hace alusión al modelado en 3 dimensiones por ordenador, para simular y animar procesos biológicos, y la segunda 3D es debida al software para reconstrucciones tridimensionales de series de fotografías obtenidas mediante microscopía láser confocal o de fluorescencia.

Nuestra comprensión del mundo microscópico está cambiando rápidamente debido a las mejoras en el software de animación, desarrollado principalmente para la industria del entretenimiento. Cada vez con más frecuencia, los científicos y profesores de microbiología comienzan a utilizar animaciones en 3D para comunicar sus datos o impartir sus clases teóricas. Los eventos y estructuras que pueden ser recreados y animados por ordenador refuerzan la comprensión de procesos altamente complejos que ocurren a nivel celular o molecular. Aunque a nivel investigador las animaciones deben ser coherentes con los datos experimentales, en el medio académico, podemos permitirnos incluso ciertas licencias a fin de presentar una visión más general de lo que exponemos, y también para aumentar el interés de los alumnos, ya que, según los pocos estudios realizados hasta la fecha, los alumnos retienen más información cuando las clases teóricas son suplementadas con material audiovisual de este tipo. Un ejemplo de animación 3D se representa en la figura 1, donde podemos incluso incluir texto para identificar los distintos elementos de la animación.

**Figura 1.** El motor flagelar bacteriano es una de las nanomáquinas biológicas más complejas. Un estudio de la Universidad de Oxford (Delalez y cols., 2010) ha revelado que esta máquina puede reparar piezas de su rotor incluso mientras gira. En la secuencia se muestra el ensamblaje de algunas de las partes de esta estructura bacteriana. Los componentes pueden acoplarse en el orden adecuado, y a distintas velocidades. Puede animarse todo el movimiento flagelar con un solo click, e incluso manipularse la pared celular o el movimiento bacteriano como paso siguiente a la descripción de esta estructura macromolecular. Se muestran 5 de 35 fotogramas. Tiempo de elaboración, 5 minutos. Memoria ocupada 620KB



**Animando el modelo.** Aunque para animaciones simples puede utilizarse power point, otros programas están accesibles para animar figuras y procesos microscópicos o moleculares, con un rendimiento de órdenes de magnitud superior. Algunos de ellos son Rhino, Xara 3D, Cinema 4D, Ulead Cool 3D, ImageJ, AC3D, Camtasia, 3D-PDF, Adobe Illustrator, o Strata 3DCX. Dependiendo de nuestro tiempo y dedicación, podemos escoger el de mayor o menor complejidad, aunque los mejores resultados siempre se conseguirán practicando. Estos programas pueden ser utilizados en combinación con fotografías científicas para ayudar a la comprensión del proceso que queremos mostrar (figuras 2 y 3). Por ejemplo, en la figura 2 se muestra una reconstrucción de baja complejidad, en la que a partir de una fotografía de microscopía electrónica de barrido se establece un modelo para la animación del interior de una célula eucariota fagocitando un estreptococo.

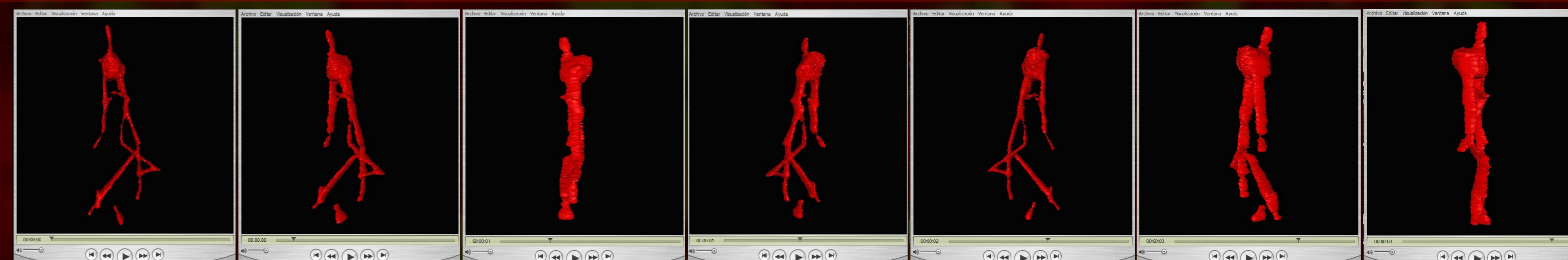


**Figura 2.** Reconstrucción en 3D de la interacción de un estreptococo con un macrófago. 1 y 2 son fotografías de SEM de la internalización de la bacteria. 3-11 repasan la reorganización de proteínas celulares en torno al punto en que la bacteria penetra en el interior celular (flechas en 4-5), hasta la formación de un orgánulo celular (fagosoma o vacuola, 12-14) que contiene parte de la cadena del estreptococo internalizada. Se muestran 14 de 100 fotogramas. Tiempo de elaboración, 45 min. Memoria ocupada 1.66MB

**Recursos Web.** Ya sé que a priori puede parecer complejo... Para eso están los recursos web, donde podemos encontrar animaciones ya listas para ser visualizadas, o herramientas de aprendizaje. Algunos ejemplos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Algunos sitios web con recursos sobre animación científica en 3D.

<http://molecularmovies.org>  
<http://iwas.hms.harvard.edu>  
<http://www.hhmi.org/resources/educators>  
<http://www.ibioseminars.org/>  
<http://www.lifescied.org>  
<http://www.molecularmovies.com>  
[http://www.bloopatone.com/quicktimes/SRP\\_web.mov](http://www.bloopatone.com/quicktimes/SRP_web.mov)  
<http://vcell.ndsu.nodak.edu/animations>



**Figura 3.** Utilizando plugins de un programa (complementos de una aplicación que le proporcionan funciones nuevas) podemos modelar las figuras obtenidas mediante microscopía confocal. Estos cambios pueden guardarse en formato de video .mov o .avi, que permiten posteriormente utilizar programas en los que podemos tener un control de la animación (avance, retroceso, pausa) para poder estudiar con detalle los distintos componentes de una estructura. La figura muestra un actinomiceto reconstruido con un complemento del programa ImageJ para obtener una superficie a partir de la señal de fluorescencia. El video está gravado en formato .wmv y puede visionarse con diferentes programas. Memoria ocupada 2.6 MB

**Discusión.** Esta forma de aprendizaje, de evidente valor pedagógico, ofrece una visión diferente y atractiva de algunos procesos celulares y moleculares áridos o difíciles de asimilar. Además, los investigadores pueden valerse de estas herramientas para visualizar y comunicar ideas a sus colaboradores. Por lo tanto, creo que nuestros alumnos y los miembros de nuestros laboratorios pueden beneficiarse enormemente del acceso a la creación y/o visualización de estas animaciones en 3D, que pueden ser fácilmente actualizadas cuando la ingente literatura científica renueva los conceptos tradicionales que representan.

## Referencias.

Delalez NJ, y cols., Signal-dependent turnover of the bacterial flagellar switch protein FlhM. PNAS. 2010. 107:11347-51.  
Iwasa JH. Animating the model figure. Trends Cell Biol. 2010. 20:699-704.  
McClellan P., y cols. Molecular and cellular biology animations: development and impact on student learning Cell Biol Educ. 2005. 4:169-79.  
Thatcher JD. Computer animation and improved student comprehension of basic science concepts. J Am Osteopath Assoc. 2006.106:9-14.  
Ruiz JG, y cols., Computer animations in medical education: a critical literature review. Med Educ. 2009. 43:838-46.  
O'Day DH. Animated cell biology: a quick and easy method for making effective, high-quality teaching animations. CBE Life Sci Educ. 2006. 5:255-63.