

# VIRTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA DE INMUNOLOGÍA

*Gómez Barrio A.; Semprum Wilde, A.; Escario Garcia-Trevijano J.A.*

agbarrio@farm.ucm.es; sempwill@hotmail.es; escario@farm.ucm.es

Dpto. de Parasitología, Facultad de Farmacia

Universidad Complutense de Madrid

**Palabras clave:** Inmunología, laboratorio, virtualización, e-learning, *b-learning*, prácticas, TIC, Inmunofluorescencia, ELISA, 3-D

**Resumen:** Se presenta un trabajo de virtualización integral de la asignatura de Inmunología correspondiente al Grado de Farmacia, que incluye los aspectos teóricos de la misma, los fundamentos animados de las prácticas de la asignatura, la ejecución de las mismas en un laboratorio virtual y, finalmente, un proceso de autoevaluación teórica y evaluación práctica del alumnado.

## 1 INTRODUCCIÓN

Parece claro que, en el terreno educativo, se obtiene un mayor rendimiento de los discentes y una mejor comprensión de las disciplinas cuando se aplican técnicas audiovisuales. Este rendimiento es, sin duda tanto mayor, cuanto mas dinámica sea la presentación y, sobre todo, si en ella se incluye la oportunidad de interacción de los alumnos con los procesos objetos de estudio. Un ejemplo claro de la mejora del rendimiento de los discentes ya se vio con el trabajo de Inzunza y Bravo en 2002 en la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. [1]

Según un informe de 2007 del *Pew Internet and American Life Project*

[2], el 93% de los adolescentes de 12 a 17 años usan Internet y la cifra está en continuo incremento. Este hecho social no debe pasar desapercibido para el mundo docente y esas ventajas que ofrecen las TIC deben ser aprovechadas y utilizadas para la optimización de la enseñanza, que se ha visto envuelta en estos últimos tiempos en profundos cambios, unos cambios que, en el ámbito universitario, son fruto de la presión externa y de la inquietud del docente [3] y son debidos [4], entre otras razones, a:

- La forma de organizar la enseñanza universitaria, propiciado por el EEES, que supone, a su vez, cambios en los enfoques de la enseñanza en relación con las competencias y en el sistema de créditos con la implantación de los

ECTS.

- Los cambios propiciados por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs).

- Los cambios en el alumnado.

En este aspecto, diferentes estudios realizados en el ámbito universitario español [5] o el informe del Consejo de Coordinación Universitaria sobre la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad en 2006 [6] señalan a las TIC como factores influyentes de apoyo al cambio metodológico. Obviamente y de acuerdo con lo anterior, la respuesta de las Universidades se vertebra a través de la modificación de las estructuras universitarias y a los Programas de Innovación Docente con la incorporación de las TIC a los procesos de enseñanza [4]. El gran desarrollo experimentado en los medios audiovisuales y su amplia implantación en el campo docente ha logrado llevar una enseñanza dinámica a las aulas, que ha facilitado la comprensión de conceptos complicados por parte de los alumnos. Sin embargo, este paso, con ser importante, no es el último de la cadena, pues aún peca de falta de interactividad, elemento básico incluido en el EEES. De hecho, en el campo educativo, la calidad vinculada al uso de las tecnologías en realidad se relaciona en buena medida con la calidad de la interactividad como factor clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje [7]. De esta manera, el enfoque de la enseñanza pasa a estar centrado en el alumno [4]. Es decir, hay que hacer ineludiblemente al alumno parte activa de su mismo aprendizaje. En este sentido parece claro que el principal objetivo de la innovación

educativa es promover el uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y aprendizaje que despierte interés y motivación en las escuelas. Sin duda el gran protagonista de este nuevo giro de la enseñanza serán las enseñanzas en un entorno virtual, especialmente los laboratorios virtuales. Uno de los pioneros en este campo fue Robert Tinker, que en la década de los 80 desarrolló la idea de utilizar la informática para la realización de experimentos de ciencias en tiempo real, utilizando las redes de computadoras para que los alumnos compartieran la adquisición de datos, la información derivada de su proceso y sus propios recorridos de investigación, desde una perspectiva de aprendizaje colaborativo. Este desarrollo, mostrado durante un congreso en Argentina en 1988 organizado por la Fundación Funprecit, fue quizás la semilla que despertó en muchos docentes e investigadores el interés por los laboratorios virtuales.

Aunque aún parece lejano el día de la inclusión en el campo docente de la simulación virtual *immersiva*, sí es posible y relativamente sencillo la simulación, denominada *no immersiva*, mediante el Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual (VRML). Mediante estas técnicas se consigue que los alumnos “manipulen” los mismos elementos que en una experimentación o práctica real y se obtienen los mismos resultados, pero sin gasto y, en el campo de ciencias de la salud, sin riesgo de manipulación de patógenos. El impulso definitivo para el desarrollo de los laboratorios virtuales han sido las TIC. Sin embargo, la implantación de los laboratorios virtuales de forma

generalizada está aún lejos de ser una realidad, señalándose como factores principales la falta de recursos y la poca formación del profesorado, aún a pesar de que el 80% de los profesores está de acuerdo con su implantación [8]. En este panorama habría que destacar la excepción de la Universidad Oberta de Cataluña (UOC), que es la primera universidad europea totalmente virtual y que desarrolla toda su docencia a través de Internet, considerándose su *Campus Virtual* como uno de los más avanzados y completos del panorama universitario a nivel internacional. Si la enseñanza virtual es importante en el campo teórico, en el ámbito práctico y debido entre otras razones a la reducción de presupuestos, la necesaria coordinación teoría/práctica y la falta de muestras reales, se nos antoja imprescindible.

Otro de los aspectos que pueden y deben ser revisados por medio de las TIC son los exámenes o evaluaciones. En este aspecto estamos de acuerdo en que el sistema de evaluación ha de ser coherente con las finalidades educativas, estar presente en todo el proceso de enseñanza y aprendizaje y utilizar recursos diversificados para que el alumnado pueda mostrar realmente lo que sabe de la forma que le resulte más adecuada a su manera personal de aprender [9].

## 2 MATERIAL Y METODOS

La primera fase, del proyecto, titulado *B-learning en la asignatura de Fundamentos y técnicas Inmunológicas*, ha utilizado para su desarrollo el siguiente equipo

informático:

Nombre del sistema operativo  
Microsoft Windows XP Professional  
Versión 5.1.2600 Service Pack 3  
Compilación 2600

Fabricante del sistema operativo  
Microsoft Corporation

Fabricante del sistema Packard  
Bell BV

Modelo del sistema IMEDIA MC  
9337

Tipo de sistema X86-based PC

Procesador Core duo (x86  
Family 6 Model 15 Stepping 6  
GenuineIntel ~1861 MHz)

Memoria física total 1.024,00 MB  
Memoria física disponible 348,06  
MB

Memoria virtual total 2,00 GB  
Memoria virtual disponible 1,95  
GB

Espacio de archivo de paginación  
2,40 GB

Dispositivo de sonido: Realtek  
High Definition Audio

Adaptador de video: 3 NVIDIA  
GeForce 8800 de 256 MB

RAM de adaptador: 1.0 GB

Software empleado para el desa-  
rrollo del primer punto

Microsoft office  
Macromedia Flash 8  
Macromedia Fireworks 8.  
Photoshop  
Corel Draw 3x  
Corel R.A.V.E  
Corel Photo Paint 3x

Se efectuó la trasposición completa del programa teórico de la asignatura a través de la aplicación Power Point,

del paquete ofimático de Microsoft. Para ello se efectuó una estructuración de los contenidos de cada tema a fin de crear un guión de lo que se quiere presentar al alumno, para posteriormente trasponer dichos contenidos a los programas interactivos o gráficos.

Para el proceso de creación de las distintas animaciones se ha utilizado Flash 5.0 de Macromedia, programa de amplia difusión, que utiliza el lenguaje Actionscript, desarrollado para elaborar animaciones interactivas para la WEB. Éste programa, como ya se ha mencionado será el núcleo de nuestro trabajo, aunque en ocasiones y dado que las páginas Flash pueden contener imágenes creadas con aplicaciones externas, recurriremos en los casos que así lo requieran a otros programas como Corel Draw, Photoshop, para el tratamiento de formatos vectoriales o mapas de Bits. Lógicamente, por su mayor compatibilidad se utilizarán, siempre que sea posible, otros programas de Macromedia como FireWorks o Freehand.

Las películas creadas se han exportado al formato de gráficos vectoriales SWF. Dicho formato genera archivos de pequeño tamaño que permiten la interactividad y que funcionan en cualquier plataforma, aun sobre un ancho de banda reducido.

La segunda fase, financiada por el proyecto *Simulación virtual (e-lab) de las Prácticas Fundamentos Inmunológicas*, estuvo dedicada al desarrollo interactivo de los fundamentos de las prácticas y técnicas que los alumnos habrían de realizar de manera real en el laboratorio.

El equipo y software empleado para

este desarrollo fue el mismo empleado en el proyecto anterior, ampliado con el Software 3ds Max 9 para crear el esbozo de una de las prácticas virtuales en 3D.

Para esta fase se utilizó tanto la animación basada en cuadros, como la animación basada en repartos (Sprites). Inicialmente y durante los primeros meses se procedió al diseño general de la aplicación. Posteriormente y después del diseño de los símbolos (botones, gráficos y clip de película) requeridos, se procedió a la realización de las animaciones de las distintas prácticas programadas en la asignatura. Finalmente se procedió a dotar a las prácticas de la interactividad necesaria para que los alumnos pudiesen seguir sin dificultad los fundamentos de las mismas.

Para el desarrollo del segundo punto de los objetivos propuestos, se ha utilizado animación 3d y programación flash basada en guiones de programación. Como herramientas de diseño se ha utilizado para el interfaz 3ds Max 9 y para la programación Adobe Macromedia Flash CS3.

Para realizar el interfaz ha sido necesario diseñar los objetos y el personaje, modelarlos, texturizarlos, acoplarlos y hacer una iluminación con la aplicación "mental-ray". Al estar el personaje animado, se ha realizado un "skin" para la animación del cuerpo y "rigin" facial para la animación de las expresiones de la cara. La animación del personaje ha sido configurada en bloques de 25 fotogramas marcados por "frames" de animación. El laboratorio se ha realizado a modo de fondo y los objetos sueltos con canal alfa para

poder moverse a través del escenario (fig 1). El cursor ha sido sustituido por el objeto “brazo” con la aplicación “lisener”; este “brazo” será el que se use para moverse a través de la práctica además de los botones de dirección del teclado para pasar de una parte a otra del laboratorio.

Una vez terminado, acoplado todo el proceso y hecha la iluminación, se ha procedido a “renderizar” por un lado el laboratorio virtual, por otro lado los objetos que el alumno podrá coger, soltar y mover; el tiempo de estos “renders” es de unos pocos minutos. Por el contrario el “render” de las animaciones de una media de 3 segundos es decir 75 fotogramas a sido realizado a un tamaño de 900x778 con motor de “render mental-ray” en un tiempo de 20 horas por animación. Todos los objetos han sido nombrados de manera que cuando el cursor “brazo” pase por encima de ellos aparecerá un cartelito con el nombre.

Para la realización de todo este proceso, inicialmente se procedió al estudio y comprensión de la práctica de Inmunofluorescencia por parte de los programadores y dividir ésta en 12 pasos programables; una vez realizada la esquematización de la práctica de Inmunofluorescencia se procedió al diseño del entorno interactivo de la práctica, es decir, diseño del espacio de trabajo, diseño de los materiales usados en la práctica, todos ellos integrados en el laboratorio virtual.

Una vez diseñado el laboratorio virtual, se realizó el diseño de un personaje para tres animaciones que completan el conjunto de la práctica.

La tercera fase del proyecto,

financiada con el PMCID *Simulación virtual (e-lab) de las Prácticas de Fundamentos y Técnicas Inmunológicas II*, se dedicó a completar el desarrollo virtual en 3-D del programa práctico que los alumnos realizan en el laboratorio de forma real.

Concretamente las técnicas abordadas han sido:

- Técnicas inmunoenzimáticas
- Reacciones de precipitación
  - Doble difusión
  - Inmunodifusión radial
- Técnica de inmunofluorescencia

El equipo y software empleado para la realización de esta fase es el mismo que el empleado con anterioridad, si bien se ha utilizado la nueva versión de Adobe Macromedia Flash CS5.

Para el desarrollo de las diferentes prácticas, previamente se ha desgranado la metodología científica en una sucesión de fases secuenciales simples traducible al lenguaje de programación que pudiera entender el equipo informático. Para la visualización del resultado final, se realizó una biblioteca de microfotografías, con resultados tanto correctos como incorrectos que pudieran acoger todos los errores previsiblemente cometidos por los alumnos durante su ejecución. El resto del proceso, ya objetivo directo del equipo de programación, utilizó la misma metodología descrita con anterioridad, si bien se ha completado con la inclusión de botones o ventanas de enlace, que permitirá a los alumnos ir a la práctica, a los fundamentos animados de la misma, a la teoría que sustenta la práctica, o a los videos demostrativos. De esta manera, a través de un sistema de

menús podrán optar por ver la teoría, las presentaciones animadas, un video demostrativo de la práctica a realizar, los fundamentos interactivos de los contenidos teóricos y prácticos o realizar una práctica concreta.

La última fase del proyecto correspondiente con el proyecto *Autoevaluación virtual en la asignatura de Fundamentos y Técnicas Inmunológicas*, se dedicó, en una primera parte, a la depuración del funcionamiento integral del programa y, en una segunda parte, al desarrollo del proceso de autoevaluación teórica y evaluación práctica a los discentes.

Aunque los elementos prácticos para la realización de las prácticas ya estaban desarrollados con anterioridad, ha sido necesario la modificación de algunos de los elementos gráficos necesarios para el proceso de evaluación, utilizándose para ello el mismo software que se emplea para su diseño inicial, aunque actualizado. Asimismo, la implementación de la capacidad de las aplicaciones para su uso en la Web nos ha llevado a rehacer toda la programación en la nueva versión de Action Script 3.0., que permite una mayor versatilidad en la Web, al enfocar la programación a objetos y a su fácil modificación, en caso de ser necesario.

Como punto novedoso en este capítulo, hay que resaltar la necesidad de la adquisición de un servidor externo para el funcionamiento correcto de los procesos de evaluación, ya que, a raíz de conversaciones mantenidas con los Servicios informáticos de la Universidad Complutense, se nos manifestó que los protocolos de

seguridad se verían afectados por las comunicaciones necesarias entre el usuario y el servidor.

De esta manera se ha adquirido un servidor externo Linux y dos dominios <http://www.elabparasitologiaucm.es>, <http://www.parasitologiaucm.es>.

Para el desarrollo de los procesos de evaluación, se ha establecido una base de datos con 300 preguntas multirrespuesta donde el alumno por un sistema de autoevaluación, podrá ver el nivel alcanzado durante el desarrollo del curso.

Para la evaluación virtual del contenido práctico, se ha procedido a efectuar una ponderación en tres niveles de todos los posibles errores que los alumnos pudieran cometer durante el desarrollo de la práctica virtual, a fin de que los programadores pudieran asignar distintas puntuaciones a los fallos o errores durante la ejecución del examen.

### 3 RESULTADOS

En función de todo lo anteriormente descrito, el trabajo que presentamos a continuación ha tratado de recoger el desarrollo de la virtualización completa de la asignatura de Inmunología correspondiente al Grado de Farmacia (inicialmente Fundamentos y Técnicas Inmunológicas, desde sus aspectos teóricos y prácticos hasta su evaluación final.

El objetivo de esta primera etapa estaba dirigido a complementar la educación presencial con un desarrollo virtual mediante aplicaciones multimedia de los aspectos más destacados de la asignatura (educación com-

binada o “blended learning”). De esta manera, se efectuó, en primer lugar, una trasposición completa del programa de la asignatura en presentación, muchas de ellas animadas por secuencias en Power Point.

El resultado compilado del contenido desarrollado se grabó en un CD (figuras 2 y 3), y se incluyó el mismo en Campus Virtual, poniéndolo a disposición de los alumnos. Este contenido que ha sido actualizado de forma continua hasta la actualidad.

Los resultados de esta fase se cifraron en el desarrollo de animaciones interactivas de los fundamentos de las prácticas de:

- Precipitación en medio sólido, con todas sus variantes (fig. 4)

- Inmunofluorescencia (fig 5)

- Reacciones inmunoenzimáticas en medio líquido (E.L.I.S.A) (fig 6)

- Reacciones inmunoenzimáticas en medio sólido (DOT- ELISA).

La segunda parte de esta fase consistió en el desarrollo de una aplicación piloto de una de las prácticas (Inmunofluorescencia) que los alumnos han de realizar de manera real en el laboratorio.

La práctica ha sido dividida en doce pasos, (fig 7) de manera que, si no se completa el primero, no se puede pasar al segundo y, una vez hecho el primero, no se puede volver a éste. Durante toda la realización de la práctica aparecerán carteles informativos de las acciones que se realizan y de los fallos que se cometen. En una primera fase, los alumnos deben escoger adecuadamente los reactivos y muestras necesarias y posteriormente seguir los pasos adecuados para su realización. Finalmente

podrán observar el resultado de la práctica. En caso de error el programa advertirá al alumno, al final de la misma, que la ejecución ha sido errónea otorgando una calificación numérica.

Los resultados de la tercera fase de este proyecto integral han consistido en la realización de los correspondientes guiones de prácticas virtuales (ya incluidas en la *Guía de prácticas de los alumnos en el curso 2011/2012*) desglosados en los diferentes pasos que los alumnos deben seguir para la correcta realización de las prácticas. La realización de las prácticas se han desglosado en fases, de manera que tengan que completar la primera antes de pasar a la segunda, siendo de este modo el sentido unidireccional y debiendo el alumno completar la práctica para visualizar el resultado obtenido. Los alumnos, al finalizar la práctica y en función de si la han realizado bien o mal, visualizarán un resultado correcto o incorrecto (fig 8) a través de una colección de microfotografías reales de cada una de las prácticas virtualizadas.

Esta cuarta y última fase representa el último eslabón de una serie de proyectos que, desde el año 2006, han pretendido virtualizar, de forma completa, la asignatura de Fundamentos y Técnicas Inmunológicas. En esta última fase se ha abordado el capítulo concerniente a la evaluación de los alumnos, mediante un sistema virtual que pueda ser aplicado realmente en la calificación del alumno. En muchas ocasiones, el gran problema que tiene la enseñanza práctica, sobre todo en el campo diagnóstico, es precisamente el proceso de evaluación. En este caso, la falta de medios suficientes para indi-

vidualizar a los alumnos, por un lado, y la falta real de muestras clínicas por otro, hace que el examen práctico se reduzca, en la mayoría de los casos, a un mero examen escrito, donde se preguntan diversos aspectos de los fundamentos prácticos y de lo realizado de manera real en el laboratorio. En este proyecto hemos querido intentar paliar este problema, haciendo que los alumnos realicen de forma virtual e individualmente, una de las prácticas que anteriormente han realizado de forma real en el laboratorio. Para completar este proceso de autoevaluación, hemos querido incluir en el presente proyecto un sistema de autoevaluación teórico, sin valor calificador, en este caso, que ayude a los alumnos a valorar su grado de asimilación.

Para el proceso de autoevaluación teórica se ha dispuesto una base de datos con más de 300 preguntas (fig. 9).

En el caso de la evaluación práctica, los alumnos han de realizar, de forma virtual, una de las prácticas que han realizado de forma real en el laboratorio. De acuerdo con la ponderación de los errores programados, los alumnos recibirán una puntuación basada en los errores cometidos durante su ejecución, de tal manera que tendrán mayor peso aquellos errores metodológicos con incidencia sobre el resultado de la práctica, unos medios en los que el mismo pueda verse comprometido, aunque no sea necesariamente erróneo, y otros que solo tengan que ver con una mala praxis de manejo del material del laboratorio. Los errores, exclusivamente de tipo informático, no serán tenidos en cuenta, así como

aquellos que no tengan incidencia en los resultados. A modo de ejemplo indicamos la ponderación efectuada para una de las prácticas:

### **DOBLE DIFUSION**

#### **PASO 1**

##### **FALLOS GRAVES**

Utilizar reactivos no necesarios

No calentar la agarosa (no meter el recipiente en el microondas)

##### **FALLOS MEDIOS**

No poner las proporciones adecuadas de agar o agarosa y PBS

Cantidades adecuadas: PBS/agar o agarosa: 25/0,25, 50/0,5, 100/1, 200/2 gr/ml

##### **FALLOS LEVES**

No calentar hasta completa disolución (tener menos tiempo del necesario en el microondas; entre 1-3 minutos)

##### **SIN FALLO**

Mantener mas tiempo del necesario en el microondas (entre 3 y 10 minutos)

Utilizar la pipeta automática, en lugar de pipeta graduada.

#### **PASO 2**

##### **FALLOS MEDIOS**

Pasar de los 5 minutos en añadir el agar al recipiente

Añadir más de 10 ml al recipiente

##### **FALLOS LEVES**

Dispensar fuera de tiempo los 4 ml (entre los 0 y los 5 minutos)

Añadir entre 3 y 10 ml de agar en lugar de los 4 establecidos

##### **SIN FALLO**

Utilizar la pipeta automática

#### **PASO 3**

##### **FALLOS MEDIOS**

No dejar enfriar la placa (menos de 15 minutos)

##### **SIN FALLO**

Dejar enfriar la placa más tiempo del establecido

#### **PASO 4**

##### **FALLOS GRAVES**

No realizar los pocillos con el sacabocados

#### **PASO 5**

Pueden utilizar indistintamente BSA y anti-BSA en lugar de SNC anti-SNC

Pueden utilizar indistintamente para las diluciones solución salina o PBS

##### **FALLOS GRAVES**

Efectuar las diluciones con reactivos erróneos

No realizar las diluciones

##### **FALLOS MEDIOS**

No mantener las proporciones de la dilución

##### **FALLOS LEVES**

##### **SIN FALLO**

Utilizar BSA y anti-BSA en lugar de SNC anti-SNC

Efectuar las diluciones con solución salina en lugar de PBS

Proporciones adecuadas SNC ó BSA/PBS o solución salina

300/150; 200/100; 100/50; 50/25; 25/12,5

#### **PASO 6**

##### **FALLOS GRAVES**

Incubar a temperaturas superiores a 45°

##### **FALLOS MEDIOS**

Añadir más de 10 microlitros a los pocillos

##### **FALLOS LEVES**

Añadir entre 3 y 5 microlitros a los pocillos

No meter en estufa e incubar a temperatura ambiente y no a 37 °C

##### **SIN FALLO**

Añadir entre 5 y 10 microlitros a los

pocillos

#### **PASO 7**

##### **FALLOS MEDIOS**

No meter la placa en cámara húmeda

Leer la placa entre 12 y 24 horas

Finalmente todo el contenido del proceso integral, y después de depurar todos los errores observados, se ha integrado en un DVD, y se ha colocado en el dominio WEB <http://www.elabparasitologiaucm.es> al que se accede con nombre de usuario y contraseña.

## 4 FIGURAS Y TABLAS

### 4.1 FIGURAS



Figura 1. Captura de pantalla de una zona del laboratorio



Figura 2. Pantalla de entrada al curso teórico

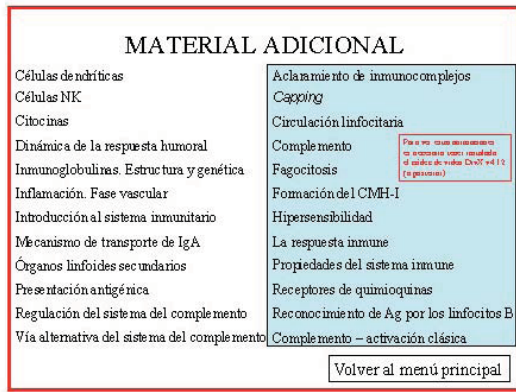


Figura 3. Películas y material adicional animado del curso teórico



Figura 4. Captura de pantalla de la practica de precipitación

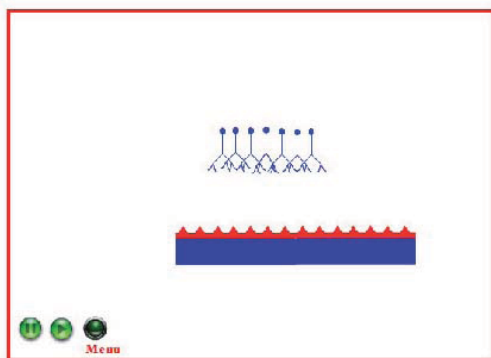


Figura 5. Captura de pantalla de la practica de Inmunofluorescencia

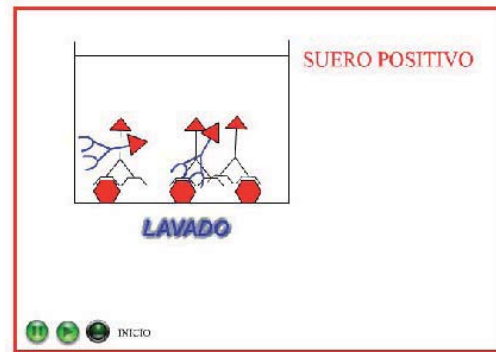


Figura 6. Captura de pantalla de la practica de ELISA

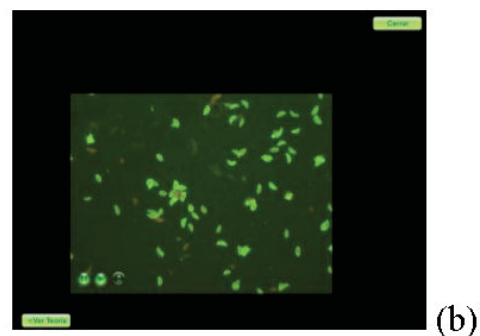


Figura 7. Captura de pantalla de la practica virtual de Inmunofluorescencia (a) profesor (b) resultado final correcto

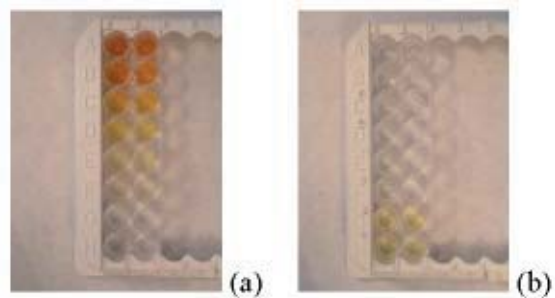
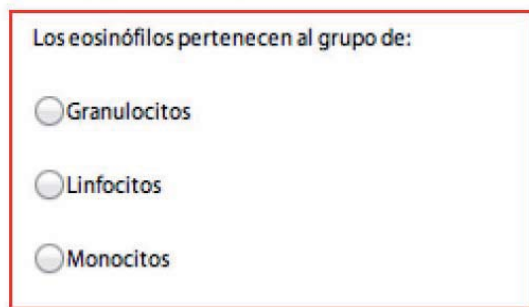


Figura 8. Fotografías de resultados ((a) Correcto (b) Incorrecto)



Los eosinófilos pertenecen al grupo de:

Granulocitos

Linfocitos

Monocitos

Figura 9. Ejemplo de preguntas del test de evaluación teórico

## 5 CONCLUSIONES

El trabajo realizado es el resultado de una serie de 4 proyectos destinados a facilitar la enseñanza de la Inmunología a los alumnos de la Licenciatura de Farmacia, actualmente Grado. El primero se enfocó principalmente a tratar los aspectos teóricos de la asignatura. En él, se incluyeron presentaciones animadas de todo el temario de la asignatura, así como películas animadas en Flash de algunos aspectos que pensábamos que tendrían una mayor dificultad para el discente.

El segundo de ellos se dirigió fundamentalmente a desarrollar las prácticas de la asignatura (1,5 créditos). En esta fase se desarrollaron los fundamentos prácticos en forma de películas animadas e interactivas, donde se hacía ver a nivel molecular, los distintos tipos de reacciones de diagnóstico inmunológico que se realizan en los laboratorios. Asimismo en esta fase se hizo una prueba piloto de la virtualización de una de las prácticas que los alumnos realizan en el laboratorio. Esta práctica piloto incluso se realizó sobre un grupo de alumnos, a modo de ensayo, dando unos resultados muy

prometedores.

En la tercera fase, ya se acometió la virtualización del resto de las prácticas con el objetivo de que los alumnos las ensayen antes de realizarlas de manera real en el laboratorio. Mediante este sistema, los alumnos, como en un juego, han de realizar todos los pasos que luego formalizarán con material real.

En la cuarta fase se ha realizado el diseño y programación del sistema de evaluación tanto teórica como práctica.

Como resultado final de todo el proyecto se ha comprado un servidor para dar acceso a los alumnos a todo el sistema, excepto al proceso evaluador, que se montará en un entorno local en el aula de informática de la Facultad, y todo el sistema se incluirá en un CD, que se pondrá a disposición de los alumnos de la asignatura

Con todo este desarrollo, hemos completado un curso integral de Inmunología, tanto teórico como práctico que los alumnos podrían realizar en línea, solventando las dudas y problemas que pudieran tener, bien a través de las ayudas que la misma aplicación les proporciona o, de acuerdo con el sistema *b-learning*, acudiendo a las clases o tutorías de la asignatura, impartidas de forma oficial en la Universidad.

Como reflexión final, creemos que este sistema es generalizable a otras asignaturas de éste u otros Grados y que tendría unas aplicaciones más amplias en el ámbito de las Ciencias de la Salud, en aquellos casos en los que por las particularidades diagnósticas no sea posible acceder a muestras clínicas reales.

## Bibliografía

- [1] O. Inzunza y H. Bravo, “Animación computacional de fotografías, un real aporte al aprendizaje práctico de anatomía humana”. *Revista Chilena de Anatomía* 2002 20:151-157.
- [2] Colleen Gengler, “Los adolescentes y el uso de Internet”. *Pew Internet and American Life Project - Teens and Social Media*. 2007.  
[http://www.pewinternet.org/pdfs/PIP\\_Teens\\_Social\\_Media\\_Final.pdf](http://www.pewinternet.org/pdfs/PIP_Teens_Social_Media_Final.pdf)
- [3] A. Toffler. *The Adaptive Corporation*. New York, McGraw Hill, 1985, pág. 47.
- [4] J. Salinas. “Hacia nuevas formas metodológicas en e-learning”. *Formación XXI. Revista de Formación y empleo*, n.12 2009.  
[http://formacionxxi.com/porqualMagazine/do/get/magazineArticle/2009/03/text/xml/Hacia\\_nuevas\\_formas\\_metodologicas\\_en\\_e\\_learning.xml.html](http://formacionxxi.com/porqualMagazine/do/get/magazineArticle/2009/03/text/xml/Hacia_nuevas_formas_metodologicas_en_e_learning.xml.html)
- [5] M.A. del Moral y R. Rodríguez. *Experiencias Docentes y TIC*. Universidad de Oviedo. Editorial Octaedro. 2008
- [6] Consejo de Coordinación Universitaria. *Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad*, Ministerio de Educación y Ciencia. 2006.
- [7] J. de Pablos Pons. “El cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior y el papel de las tecnologías de la información y la comunicación”. *RIED*. 2007 10: 2, pp. 15-44.
- [8] Marta López García y Juan Gabriel Morcillo Ortega. “Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales”. *Rev. Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (2007) Vol. 6, N°3, 562-576
- [9] F. Pavón y J. Casanova. “Experiencias Docentes Apoyadas en Aulas Virtuales”. *RIED*. 2007 10: 2, pp. 149-163.