



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Transformación didáctica: desde las ciencias
veterinarias hasta la enseñanza en educación
secundaria

Didactic transformation: from
veterinary sciences to teaching in secondary
education

Autora

Marta Sierra Arregui

Directora

Carmen Díez Sánchez

FACULTAD DE EDUCACIÓN
Año 2017

Índice

I. Introducción	1
II. Análisis crítico de dos asignaturas realizadas en el Máster	3
III. Propuesta didáctica	6
IV. Actividades	12
V. Evaluación final	21
VI. Criterios de calificación	23
VII. Evaluación de la propuesta didáctica y propuestas de mejora	24
VIII. Conclusiones del Máster	28
IX. Referencias bibliográficas	30
Anexo I	

I. Introducción

El Máster de Profesorado contempla la formación de licenciados y graduados en materias como didáctica, psicología, legislación educativa, etc., de manera que puedan integrarse en el sistema educativo español y contribuir a su mejora. Es necesario que los futuros docentes comprendan la complejidad de la educación, no solamente a nivel sistémico, con las numerosas decisiones políticas que la condicionan, si no también a nivel local, dentro de las aulas. Esto último incluye el estudio de los problemas y realidades actuales, a los que los docentes deben hacer frente. Todo ello justifica la formación recibida durante el curso escolar, resultando en profesionales cuya experiencia docente no es muy amplia por el momento, pero que sí cuentan con un gran número de herramientas que podrán utilizar en su futuro profesional.

En esta breve introducción, va a describirse, en primer lugar, mi trayectoria personal, incluyendo mi motivación para la realización de este Máster. En segundo lugar, va a detallarse el contexto del centro escolar donde he realizado los tres periodos de prácticas (*Prácticum*). Por último, se incluye un resumen sobre las partes en las que se divide esta memoria.

* Trayectoria personal

A título personal, mi formación universitaria incluye una Licenciatura en Veterinaria, que finalicé en el año 2011. Durante los estudios, tuve la oportunidad de realizar un año en la Escuela Nacional Veterinaria de Toulouse, que me permitió afianzar la lengua francesa que había estudiado con anterioridad. Al terminar la licenciatura, tuve la oportunidad de comenzar la tesis doctoral en un proyecto multidisciplinar que incluía veterinarios, médicos e ingenieros. La beca de formación del Gobierno de Aragón que recibí, contemplaba la realización de 120 horas de docencia a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación. Así pues, mi primera experiencia docente consistió en impartir las prácticas de laboratorio de la asignatura Farmacología y Farmacoterapia incluida en el tercer curso de la Licenciatura/ Grado en Veterinaria. Aquella fue una experiencia satisfactoria y difícil al mismo tiempo, ya que supuso una gran cantidad de tiempo de preparación y estudio. Sin embargo, el ejercicio de la docencia me resultó interesante y la motivación de los estudiantes hizo que el desarrollo de las prácticas fuera agradable.

Posteriormente, antes de la finalización de la tesis doctoral, realicé una estancia de siete meses de duración en la Universidad de Seattle, Washington. Esta estancia me aportó numerosas experiencias a nivel profesional y personal y me permitió conseguir un nivel elevado en inglés, idioma estudiado a lo largo de toda mi escolaridad. La cercanía del final de la tesis me hizo plantearme el futuro laboral y, ante la posibilidad de realizar el Máster de Profesorado al mismo tiempo que acababa el doctorado, me incliné por completar mi formación con este Máster imprescindible para ejercer la docencia en centros de Educación Secundaria, algo que siempre he tenido presente como una opción en el futuro laboral. Terminé la tesis en marzo del 2017 y, aunque supuso un esfuerzo sacarla adelante junto con los trabajos y exámenes del Máster, me siento muy satisfecha de mi rendimiento en ambos campos.

En un futuro cercano, mi intención es de continuar en el mundo de la docencia, si es posible, trabajando en el extranjero para afianzar mis conocimientos de idiomas. Además, poder desarrollar mi actividad profesional en diferentes países es coherente con mi interés por otras culturas y formas de vivir, algo que seguro enriquecerá mi actividad profesional futura.

* Contexto de centro escolar: Colegio Sagrado Corazón (corazonistas)

El centro en el que he realizado el *Prácticum* I, II y III es el Colegio Sagrado Corazón, centro privado concertado situado en el Paseo de la Mina. Es un centro católico, adscrito a la Asociación de Escuelas Católicas de Aragón. En la actualidad, la mayoría del profesorado del centro son laicos, restando únicamente cinco hermanos Corazonistas ejerciendo la docencia en el centro, entre ellos el director del mismo.

Dada la situación de este colegio, en el centro de Zaragoza, junto con su carácter religioso, el alumnado es muy homogéneo, con muy poca o inexistente presencia de alumnado inmigrante. También existe cierta homogeneidad en la distribución de sexos, algo que sólo se modifica al llegar a los últimos cursos de la Educación Secundaria, donde los alumnos tienen que elegir sus asignaturas en función de sus preferencias. El profesorado es, en general, joven, con edades situadas entre los 35 y los 45 años. Actualmente, los responsables de la ESO y Bachillerato están especialmente implicados en la modernización de la docencia y los profesores acuden a numerosos cursos de formación relacionados con la innovación docente.

En cuanto a la organización del centro, éste cuenta con tres cursos de Educación Infantil, seis cursos de Educación Primaria, cuatro cursos de Educación Secundaria Obligatoria y dos cursos de Bachillerato, todos ellos con tres vías (A, B y C). En toda la Educación Secundaria el horario es uniforme, de 8 a 14:30 h. Las instalaciones incluyen una biblioteca (común para todos los alumnos del centro), una sala de informática, un laboratorio de física y tecnología y un laboratorio de biología así como una sala de trabajos en grupo. Todas las clases cuentan con un ordenador y proyector y en Bachillerato los alumnos tienen tabletas.

Durante toda la Educación Secundaria los periodos de examen están determinados desde el comienzo del curso y son cuatro días comunes a toda la ESO y Bachillerato. Durante esos días los alumnos sólo vienen al centro a hacer los exámenes, las clases se detienen y no se avanza materia. El horario del centro se modifica y los alumnos vienen de 9 a 13:30 h, contando con horas de estudio entre los exámenes.

* Resumen de la memoria

Esta memoria incluye, en primer lugar, un análisis crítico sobre dos de las actividades realizadas a lo largo del Máster de Profesorado. En segundo lugar, se describe en profundidad la propuesta didáctica desarrollada durante el periodo de *Prácticum* III, dotándola de una base teórica en la que se incluye una abundante bibliografía que apoya la aplicación de la propuesta. A continuación, se detallan las actividades llevadas a cabo así como la evaluación de dichas actividades. Por último, se enumeran las conclusiones del Máster realizado.

II. Análisis crítico de dos asignaturas realizadas en el Máster

El Máster de Profesorado está organizado en dos cuatrimestres consecutivos. El primero de ellos está mayoritariamente dedicado a las asignaturas que constituyen la base teórica y legal de la educación y el Sistema Educativo español. En contadas asignaturas se produce separación de los alumnos por especialidades. Dado que la mayoría son asignaturas básicas, no importa la formación de partida. Además, en este cuatrimestre se incluye un *Prácticum I* breve, de dos semanas, durante el cual el alumno conoce la realidad del centro educativo elegido a nivel organizativo, documental, etc.

Durante el segundo cuatrimestre, las asignaturas son específicas por especialidades, por lo que los estudiantes ya se encuentran separados según su formación. Además, existen asignaturas complementarias en aquellas especialidades en las que se dan dos materias. En mi caso específico: Biología y Geología. En este cuatrimestre, el periodo de prácticas en el centro se alarga a seis semanas, en las que el alumno interviene en clase y diseña su propia actividad innovadora. Ante la necesidad de realizar un análisis crítico de dos asignaturas realizadas, las asignaturas elegidas han sido: *Diseño curricular de Física y Química y Biología y Geología e Interacción y convivencia en el aula*.

* *Diseño curricular de Física y Química y Biología y Geología*

La asignatura de Diseño curricular se encuentra localizada en el primer cuatrimestre del Máster de Profesorado, es por lo tanto impartida de octubre hasta febrero. La responsable de la asignatura es la profesora Carmen Díez Sánchez, profesora asociada de la Universidad de Zaragoza y jefa de estudios del IES Goya.

De manera global, la asignatura tiene como objetivos la presentación a los estudiantes del Currículo de ciencias tanto de la ESO como Bachillerato, detallado por etapas y niveles. Además, se trabaja el análisis de las programaciones de las distintas asignaturas, permitiendo a los estudiantes iniciarse en el mundo de la planificación y desarrollo de una programación anual de una asignatura.

A través de las diferentes actividades obligatorias para aprobar la asignatura, se facilita la transición entre la mentalidad científica intrínseca debido a la formación previa, y la transmisión de conocimiento científico dentro de un aula de educación secundaria. Las dos primeras pruebas, Transposición didáctica y Competencias básicas, permitieron plasmar de manera práctica lo que, en algunas ocasiones, se encuentra descrito en las leyes de manera muy abstracta. La siguiente prueba, la realización de una prueba escrita, no se llegó a hacer de manera individual, sin embargo, su interés radicó en que, para un alto número de alumnos, supuso el primer contacto con la gran cantidad de recursos para realizar la evaluación de los conocimientos. Todas estas actividades estuvieron acompañadas de intensos debates constructivos gracias a la amplia gama de procedencias diferentes entre el alumnado.

Por último, el peso mayoritario de la asignatura supone la realización de la programación anual de una de las asignaturas científicas de etapa y nivel a elección del alumnado. Para la realización de este trabajo, imprescindible en las oposiciones públicas, recibimos una gran cantidad de clases teóricas ya que el número de puntos de los que consta una programación anual es elevado. Prácticamente la totalidad de los alumnos no habíamos tenido contacto alguno con programaciones docentes, por lo que esta actividad supuso una alta carga de trabajo que incluyó búsqueda de recursos educativos, lectura de textos legales, etc. Con este trabajo se concluyó la asignatura y la nota final fue calculada a partir de las actividades realizadas junto con la participación en clase.

Respecto a la actuación docente de la profesora, ésta se basó en la realización de clases magistrales, apoyadas de presentaciones, presentación de los trabajos realizados a lo largo del curso, debates entre los alumnos sobre asuntos de actualidad (Pisa, etc.) y una gran cantidad de información práctica proveniente de la experiencia docente de la profesora. En mi opinión, la gran utilidad de esta asignatura se sustenta en dos pilares básicos. El primero de ellos, es la practicidad de la misma, los objetivos de la asignatura quedan claros desde el comienzo y su utilidad es evidente, ya que trabaja aquello que significativamente vamos a necesitar en un futuro profesional. El segundo de los pilares del éxito de la asignatura, es la propia docente. A diferencia de otros profesores que únicamente han ejercido en la Universidad, Carmen tiene una amplia experiencia en la docencia en Educación Secundaria y eso queda patente. Su conocimiento sobre la realidad actual de la educación permite comprender mejor los aspectos abstractos del Sistema Educativo, como leyes obsoletas o propuestas imposibles de llevar a la práctica.

Como contrapeso negativo, en mi opinión, la gran cantidad de alumnos en clase impidió el aprovechamiento total de la asignatura. Los debates, la exposición de los trabajos, la retroalimentación necesaria para mejorar, hubieran sido más efectivos en una clase con menor cantidad de gente. Además, la distribución de días festivos durante el cuatrimestre, nos hicieron perder una gran cantidad de clases, obligando a acelerar el desarrollo de la asignatura, con el efecto pernicioso que ello conlleva.

En conclusión, la asignatura de *Diseño curricular de Física y Química y Biología y Geología*, ha sido para mí una de las asignaturas más útiles del Máster de Profesorado, con una gran carga práctica y una docente con experiencia real en el campo de trabajo. En futuros cursos, y con el objetivo de mejorar su impartición, sería necesario controlar la ratio de la asignatura y equilibrar los días lectivos de la misma.

* *Interacción y convivencia en el aula*

La asignatura de Interacción y convivencia en el aula se imparte en el primer cuatrimestre del Máster de Profesorado, entre octubre y febrero del curso escolar. La asignatura presenta dos responsables: la profesora Eva Vicente y Teresa Coma, ambas profesoras de la Universidad de Zaragoza. Debido a la amplitud del programa que contempla la asignatura, se divide en dos: por un lado psicología evolutiva y por otro psicología social.

En primer lugar me gustaría destacar la importancia de la enseñanza en psicología para los alumnos del Máster de Profesorado. En la especialidad de ciencias, la inmensa mayoría del alumnado no ha tenido ningún tipo de contacto con esta disciplina durante los años de instrucción universitaria. Dado que la actividad laboral del profesorado comprende el trabajo con personas, el aprendizaje sobre las bases sobre la psicología se encuentran plenamente justificadas. Además, el público para el cual se trabaja, es un estrato de la población cuyo desarrollo físico y emocional es diferente al del individuo adulto. Por lo tanto, considero imprescindible conocer esta realidad y dotar al profesorado de las estrategias necesarias para conseguir que el proceso de enseñanza-aprendizaje se lo más efectivo posible. Finalmente, el sistema actual busca la máxima integración posible de los alumnos con necesidades especiales en las aulas ordinarias. Aun contando con profesionales específicos para este alumnado, me parece imprescindible que el profesorado tenga un conocimiento mínimo de lo que suponen estas necesidades especiales y los recursos disponibles para ellos.

En la parte de psicología evolutiva, impartida por la profesora Eva Vicente, tanto la teoría como las prácticas fueron orientadas a la comprensión de los adolescentes y su realidad psicológica. Además, se hizo especial hincapié en problemas muy presentes en la actualidad, como el acoso escolar, la dependencia de las redes sociales, etc. El trabajo de la asignatura se basó en una actuación sobre alguno de los problemas vistos anteriormente y fue muy enriquecedor, tanto la búsqueda de la bibliografía sobre el tema propuesto como el diseño y adaptación de recursos para su solución. Dejó claro cómo el profesor tiene un papel activo muy importante en la gestión de este tipo de problemas, idea que, socialmente, se está imponiendo muy lentamente. La otra parte impartida por Eva se centró en el estudio de la tutoría como elemento comunicador entre el centro docente y la familia. Para mí, éste también fue un punto clave, porque la tutoría con las familias es un elemento constante en la vida profesional de un profesor de secundaria, y el análisis psicológico de las diferentes situaciones que podrían plantearse es crucial para poder hacer frente el día de mañana a los numerosos problemas que seguro aparecen.

La segunda parte, de psicología social, impartida por Teresa Coma, constaba de el estudio de las dinámicas sociales que se producen dentro del aula. Como ya he dicho, la adolescencia es un época en la que los cambios son numerosos y es necesario tener en cuenta esta realidad para integrarla en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con Teresa, tanto en la teoría como en las prácticas, aprendimos cómo se forma el grupo, qué procesos vamos a observar, qué conflictos pueden aparecer, qué recursos hay para trabajarlos, etc. Con el convencimiento general de que el aula es una mini sociedad, es necesario conocer las relaciones que se establecen entre los distintos individuos ya que, normalmente, es ahí donde residen la gran mayoría de los problemas que estudiamos en la primera parte de la asignatura. La identificación de los procesos es fundamental, en mi opinión, para la atención temprana de los problemas.

En conclusión, la psicología es fundamental para el desarrollo profesional del profesorado y, por lo tanto, la considero una asignatura esencial en el Máster. El trabajo de la asignatura me resultó muy útil para poner en práctica lo aprendido. Lo único que mejoraría sería el tiempo dedicado a la legislación, que es simplemente lectura de la misma.

III. Propuesta didáctica

El tercer apartado de este trabajo recoge la propuesta didáctica diseñada, específicamente la base teórica que justifica la elección y planificación de dicha actividad.

* *Título y nivel educativo*

La propuesta didáctica se titula “*De la realidad virtual a la realidad real*” y se plantea para la asignatura de Biología y Geología impartida en el curso de primero de Bachiller. Las actividades propuestas se enmarcan dentro de los bloques 2 y 6, recogidos en el RD1105 2014, dentro de la unidad didáctica que estudia la nutrición de los animales: los procesos de circulación, respiración, digestión y excreción.

* *Evaluación inicial*

Los alumnos de primero de Bachillerato se encuentran, según la psicología evolutiva, entre las fases de adolescencia media, donde todavía aparecen conflictos entre características y comportamientos contradictorios, generando expectativas generadas por diferentes conceptos; y la adolescencia tardía, en la que se desarrolla el pensamiento formal y una mayor capacidad de abstracción (Coll, Palacios y Marchesi, 2001). Es importante el conocimiento sobre la etapa psicológica en la que se encuentran los alumnos en un momento determinado para adaptar el currículo a esas características, sin embargo ya se ha descrito la poca adecuación del currículo de Bachillerato a la realidad del alumnado (Rubio Sáez, 2014). Esto es especialmente significativo cuando se trata de la enseñanza y aprendizaje de los sistemas complejos, a los que pertenecen los organismos vivos.

Actualmente en la investigación educativa, existe un gran interés en estudiar los sistemas complejos, considerando su comprensión como imprescindible para ser una persona alfabetizada en ciencia. Las características que definen un sistema complejo puede resumirse en cinco: el sistema funciona con diferentes niveles de organización, la interacción entre los componentes del sistema no siempre es lineal, las descripciones macroscópicas son imprescindibles para entender el sistema completo aunque las únicas interacciones que haya dentro del sistema sean entre los elementos individualmente, la actividad auto-organizada de muchos elementos interactivos son los que conforman el patrón observado en el sistema y, finalmente, el patrón de organización del sistema puede utilizarse para describir y entender otros sistemas de manera general (Goldstone y Wilensky, 2008; Tripto, Assaraf, Snapir y Amit, 2017).

Los sistemas complejos aparecen en multitud de disciplinas, entre las que se encuentra la Biología. Éstos incluyen la interacción entre individuos a nivel de organización biológica y ecología, pero también se encuentran en el interior de los propios organismos, a nivel de fisiología (Assaraf y Orion, 2005; Greenwald, Segre y Feinerman, 2015). Los sistemas naturales son dinámicos y la modificación de sus interacciones puede provocar una cascada de

diferentes respuestas. De esta manera, para comprender la fisiología de un órgano concreto es imprescindible conocer su organización en dos niveles (macro y microscópico), así como la relación de dicho órgano con el resto del organismo. Las dificultades de comprensión de los sistemas complejos se basan en la existencia de esos múltiples niveles de organización, algunos de los cuales no son visibles para el ojo humano (Duncan y Reiser, 2005; Hmelo-Silver y Azevedo, 2006). Así, el pensamiento sistemático debe sintetizar todos los elementos en un todo pero conociendo las diferentes partes y sus interacciones.

En la literatura pueden encontrarse numerosos trabajos que estudian las dificultades de los alumnos de educación secundaria para comprender estos sistemas complejos. En referencia a la comprensión del organismo humano y su funcionamiento, los estudios concluyen que los alumnos de educación secundaria encuentran diferentes dificultades. En relación a la estructura del sistema, para los alumnos es complicada la comprensión de los diferentes niveles de organización, especialmente a nivel microscópico (Hmelo, Holton y Kolodner, 2000; Assaraf, Dodick y Tripto, 2013). En cuanto a la organización, también se han identificado problemas para comprender la interacción entre los elementos del sistema, especialmente a nivel celular, así como la interacción con el resto de sistemas presentes en el organismo (Hmelo-Silver, 2004; Duncan y Reiser, 2007; Liu y Hmelo-Silver, 2009; Assaraf et al., 2013)

En el currículo estándar de la educación secundaria aparecen múltiples temas (genética, ecología, fisiología, etc.) que exigen la comprensión de sistemas complejos, algo que debe ser remarcado de manera significativa. Sin embargo, numerosos estudios muestran cómo la práctica docente (Hmelo-Silver y Azevedo, 2006; Verhoeff, Waarlo y Boersma, 2008) y la organización de la información en los libros de texto (Duncan y Reiser, 2007; Rubio Sáez, 2014), favorecen el aumento de las dificultades de comprensión de los alumnos.

La respuesta a las dificultades descritas a nivel de comprensión del organismo humano, incluye, entre otras cosas, un especial refuerzo de las interacciones entre las diferentes estructuras macro y microscópicas que conforman los órganos, así como entre los diferentes sistemas que conforman el organismo (Tripto et al., 2017). Esta interacción parece no ser evidente para los alumnos de secundaria, por lo que se recomienda que sea el profesor el que, a través de diferentes metodologías y recursos, facilite la comprensión y el aprendizaje de dichas interacciones (Tripto et al., 2017).

Se puede concluir por lo tanto que, según los estudios presentados, la actuación docente es imprescindible para solucionar las dificultades que encuentran los alumnos en la comprensión del organismo humano y su funcionamiento. Con el objetivo de adaptar dicha actuación docente a las dificultades reales manifestadas por los alumnos del grupo concreto con el que se trabaja, la evaluación inicial se revela imprescindible. La utilidad de la evaluación inicial es innegable, ya que nos permite determinar el nivel real de conocimientos así como sus motivaciones, actitudes, intereses y, por supuesto, dificultades. De manera general, la evaluación inicial se ha descrito como “esencial” para alcanzar un aprendizaje significativo, a

través de la reorganización del programa formativo y la determinación de objetivos reales (Fernández Tilve y Malvar Méndez, 2007).

* ¿Qué saben nuestros alumnos inicialmente?

Con el objetivo de determinar las dificultades y el nivel inicial de los alumnos, se realiza una evaluación inicial consistente en el planteamiento de diferentes preguntas relacionadas con la anatomía y fisiología del corazón y los pulmones en mamíferos. La formulación de preguntas orales elimina la idea de “examen”, intrínseca a cualquier evaluación, permitiendo al mismo tiempo al docente recoger la información necesaria.

La evaluación incluye cuestiones relacionadas con la estructura anatómica de los ambos órganos, su composición celular y su fisiología. En general, se encontraron grandes deficiencias a nivel anatómico y, en consecuencia, también a nivel funcional. A pesar de que previamente se había estudiado histología, se observaron también grandes dificultades para describir las células propias de los órganos, así como su función específica. Finalmente, gracias a las preguntas de casos planteadas de forma resumida, pudo comprobarse la dificultad para diferenciar los procesos de causa y consecuencia. Todo ello permitió establecer el nivel inicial y determinar la profundidad de los conocimientos a trabajar, así como los aspectos que necesitaban más refuerzo.

* Objetivos

Los objetivos de esta propuesta didáctica pueden dividirse en dos bloques diferenciados, en primer lugar los objetivos generales planteados en la legislación para la asignatura de Biología y Geología de primero de Bachillerato. Así, esta propuesta didáctica tiene los siguientes objetivos generales:

- Realizar una aproximación a los diversos modelos de organización de los seres vivos, tratando de comprender su estructura y funcionamiento como estrategias adaptativas para sobrevivir en un entorno determinado.
- Utilizar con cierta autonomía destrezas experimentales de investigación, reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.
- Desarrollar habilidades que se asocian al trabajo científico, tales como la búsqueda de información, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio, la apertura ante nuevas ideas, el trabajo en equipo, la aplicación y difusión de los conocimientos, etc., con ayuda de las Tecnologías de la información y la Comunicación cuando sea necesario.

En segundo lugar, se plantean unos objetivos específicos:

- Conocer la anatomía macroscópica del corazón y los pulmones y ser capaz de realizar la disección de los mismos obteniendo la máxima información posible acerca de sus estructuras.
- Conocer e identificar la posición relativa del corazón y los pulmones en el organismo a partir de modelos anatómicos virtuales.
- Conocer la circulación sanguínea en los mamíferos, comprender los conceptos de circulación simple y doble, abierta y cerrada.
- Conocer y comprender el proceso de la respiración en los mamíferos, saber describir dónde y cómo tiene lugar el intercambio de gases.
- Utilizar el microscopio correctamente para la visualización de imágenes microscópicas. Comprender e identificar las preparaciones histológicas de corazón y pulmones. Ser capaz de relacionarlas con sus estructuras macroscópicas.
- Realizar dibujos esquemáticos de las estructuras macro y microscópicas, identificar las partes más importantes y relacionar dichas estructuras con su función fisiológica.
- Deducir situaciones patológicas a partir del conocimiento fisiológico de los órganos previamente estudiados (corazón y pulmón).

* Marco teórico

La propuesta didáctica descrita en este trabajo se basa en la realización de prácticas de laboratorio conjugando recursos tecnológicos, como los modelos anatómicos virtuales de la aplicación BioHuman, con disección de órganos reales y preparaciones histológicas.

La elección de esta metodología y recursos se basa en la observación realizada en el centro durante las semanas previas a la aplicación de la propuesta didáctica. Las conclusiones extraídas de las observaciones pueden agruparse en dos grandes grupos. El primero, con respecto a la metodología utilizada por el profesor. Los alumnos sólo reciben clases magistrales en las que el libro electrónico es proyectado en la pizarra y explicado por el profesor. No se realizan trabajos en grupo ni se mandan ejercicios, algo que revierte en una posición cómoda del alumno, que no debe implicarse en la asignatura, únicamente estudiar y aprobar los exámenes. La evaluación se basa en los exámenes por temas y el examen final del semestre. No se han realizado prácticas de laboratorio en todo el curso, en parte por el número elevado de alumnos. Aquellos que no cursaron la asignatura en el curso anterior, no han realizado prácticas de laboratorio en los últimos dos años.

En cuanto a la observación de los alumnos, lo más llamativo fue el desinterés patente de una parte del grupo, especialmente aquellos sentados en las últimas filas del aula. La utilización de las tabletas es, en un porcentaje alto de los alumnos, incorrecto, ya que es evidente que se encuentran consultando cosas no relacionadas con la asignatura o con lo que en ese momento está explicando el profesor. En relación al nivel curricular, la observación sobre la explicación de otros sistemas y aparatos del organismo me mostró que los alumnos presentaban un importante déficit en el conocimiento de la anatomía. Los contenidos sobre la anatomía de los

diferentes órganos están incluidos en el currículo de 3º de la ESO, sin embargo, los alumnos presentaban un alto grado de desconocimiento al respecto. Esto provoca que, al ir a explicar la fisiología del sistema digestivo o excretor, por ejemplo, no sólo se tarda más tiempo en comunicar el contenido, sino que este aprendizaje es frecuentemente memorístico porque no tienen la base suficiente como para poder entender el funcionamiento de los mismos. Ello revierte en la incomprensión del sistema complejo que conforma el organismo completo.

Dado que el centro consta de un laboratorio de biología equipado con material para realizar disecciones, microscopios y cañón para realizar proyecciones, se decidió diseñar una propuesta didáctica que incluyera la utilización de estos recursos.

El trabajo de laboratorio ha sido ampliamente estudiado en la literatura (Tarhan y Sesen, 2010; Luketic y Dolan, 2013; Motlhabane, 2013; Musumeci et al., 2014; Kirkman & Wilson, 2015; Calderón Canales et al., 2016) y, actualmente, se considera un método de aprendizaje activo imprescindible en clase de ciencias. Numerosos estudios han dotado a las prácticas de laboratorio de un papel principal y distintivo para el desarrollo y la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes, mejorando las habilidades cognitivas (Blosser, 1983; Abrahams, 2009; Gyllenpalm, Wickman y Holmgren, 2010; Tarhan y Sesen, 2010; Motlhabane, 2013).

Más concretamente, se ha descrito cómo el trabajo en el laboratorio no solo alienta el interés de los alumnos por la ciencia, si no que permite el desarrollo de habilidades científicas, técnicas y de manejo; potenciando el trabajo en pequeños grupos y facilitando la comprensión del proceso y la naturaleza de la ciencia, con la ambigüedad y complejidad que caracterizan al trabajo empírico (Luketic y Dolan, 2013). En general, los estudios encontrados en la literatura muestran que los alumnos valoran positivamente las prácticas de laboratorio, especialmente por el cambio que supone la manipulación de aparatos o seres vivos con respecto al trabajo teórico del aula (Duque Rodríguez de Arellano, Jiménez Plaza y Cuerva Moreno, 1996).

De entre los diferentes enfoques asociados a las prácticas de laboratorio, desde la estructuración más estricta de las prácticas hasta la completa autonomía para el desarrollo de experiencias, en este caso se ha seleccionado una metodología centrada algo en el alumno (Blanchard, Southerland y Granger, 2009). Las conclusiones del estudio de Luketic y Dolan (2013) muestran cómo un ambiente de laboratorio demasiado abierto y flexible es buena idea para alumnos con alto nivel en biología, resultando menos adecuado en el caso de los estudiantes corrientes, que pueden presentar problemas para conectar la teoría y la práctica de laboratorio. Dado que el grupo en el que se implementa la propuesta, a pesar de tener alumnos brillantes, no ha realizado prácticas de laboratorio en todo el curso, se concluye que es necesario una cierta estructuración de las prácticas, con espacios para el trabajo en grupo y la toma de decisiones por parte de los alumnos.

Desde la legislación, se propone la utilización de principios metodológicos diversos, que incluyan los diferentes estilos de aprendizaje y que, especialmente en las ciencias, muestren su funcionalidad. Teniendo en cuenta la UD didáctica en la que se enmarca la propuesta, es

interesante observar cómo la medicina, y por lo tanto la anatomía y fisiología, despiertan en los alumnos una motivación elevada (Ekli, Karadon y Sahin, 2009). La labor del profesor, y lo que va a intentarse a través de la propuesta didáctica recogida en este documento, es contar con esa motivación para mejorar el aprendizaje de los alumnos a través de la realización de varias actividades. Cierta porcentaje de alumnos se observan desmotivados con respecto a la asignatura de Biología y Geología, por lo que el diseño de las actividades está orientado hacia la recuperación de dicha motivación, mostrando cómo la Biología está en contacto con su realidad.

Por otra parte, tras comprobar en la literatura las dificultades más importantes que presentan los alumnos al enfrentarse a la comprensión del organismo humano como un sistema complejo, concretamente los problemas para relacionar los distintos niveles de organización y la función global del sistema (Tripto et al., 2017), se decide plantear una propuesta didáctica en la que se aborden el conocimiento de los órganos de interés desde varios niveles. Así, se trabajará su posición y papel en el organismo completo mediante modelos virtuales, posteriormente se presentará su estructura y función macroscópica y, finalmente, se presentará su estructura microscópica y su función celular, siendo deducida de su función global como sistema.

IV. Actividades

En este apartado van a describirse en profundidad las actividades englobadas dentro de la propuesta didáctica “*De la realidad virtual a la realidad real*”.

* Contexto

La actividad está propuesta para realizarse en el Colegio Sagrado Corazón. Como se ha comentado previamente, éste es un centro concertado y, en Bachiller, privado. Durante los dos años de Bachillerato los alumnos cuentan con tabletas donde se encuentran los libros virtuales que utilizan. En el centro hay un porcentaje muy bajo de inmigrantes y ninguno se encuentra en los cursos de Bachiller.

El grupo en el que se implementa esta propuesta didáctica cuenta con 32 alumnos y es la única vía que cursa Biología y Geología. Las clases teóricas se imparten en un aula en la que los alumnos se encuentran ligeramente apretados, especialmente en las últimas filas. El laboratorio, que es donde va a impartirse esta propuesta didáctica, cuenta con poyatas alargadas, banquetas e iluminación individual en cada puesto de trabajo. Además, la sala está equipada con un ordenador y un proyector.

Respecto al material utilizado, el laboratorio cuenta con cinco microscopios, uno de los cuales está conectado a una cámara y es posible proyectar la imagen. En cuanto al material de disección, está compuesto por cinco bandejas de plástico y tijeras, pinzas, etc. También es posible contar con guantes desechables.

* Participantes

El grupo de participantes es muy numeroso, 32 alumnos. Es un grupo de primero de Bachiller, lo que supone que los estudiantes que se encuentran en él han elegido voluntariamente cursar la asignatura. Esto presenta beneficios evidentes con respecto a los cursos inferiores, ya que el interés suele estar más acentuado. Sin embargo, sí se observa cierto desinterés por parte de un porcentaje bajo de alumnos. Esto puede estar relacionado con la metodología utilizada de manera habitual por el profesor, la clase magistral, o por la indiferencia hacia la propia asignatura. Dentro de los alumnos que se demuestra interesados, la mitad afirma querer realizar estudios biomédicos, por lo que la asignatura de Biología es su pilar principal.

El comportamiento general es correcto, con pocas interrupciones de la clase. Cuando se producen interrupciones, suelen provenir de los últimos puestos del aula, donde los pupitres, como ya he comentado, se encuentran concentrados. Sin embargo, a pesar de existir silencio durante las explicaciones, es evidente que parte de los alumnos utilizan la tableta con la que cuentan para consultar contenido no relacionado con la asignatura, por lo que no se encuentran atentos a las explicaciones realizadas por el profesor.

En general, durante este curso, los alumnos no están acostumbrados a entregar actividades o trabajos para la asignatura. Debido al alto número de alumnos, no se han realizado prácticas de laboratorio, algo que reclaman en numerosas clases.

* Objetivos

El objetivo general de la actividad es conocer la anatomía macro y microscópica del corazón y el pulmón, así como la fisiología cardiaca y pulmonar. Para alcanzar este objetivo general, se detallan los siguientes objetivos específicos:

- Conocer la anatomía macroscópica del corazón y los pulmones y ser capaz de realizar la disección de los mismos obteniendo la máxima información posible acerca de sus estructuras.
- Conocer e identificar la posición relativa del corazón y los pulmones en el organismo a partir de modelos anatómicos virtuales.
- Conocer la circulación sanguínea en los mamíferos, comprender los conceptos de circulación simple y doble, abierta y cerrada.
- Conocer y comprender el proceso de la respiración en los mamíferos, saber describir dónde y cómo tiene lugar el intercambio de gases.
- Utilizar el microscopio correctamente para la visualización de imágenes microscópicas. Comprender e identificar las preparaciones histológicas de corazón y pulmones. Ser capaz de relacionarlas con sus estructuras macroscópicas.
- Realizar dibujos esquemáticos de las estructuras macro y microscópicas, identificar las partes más importantes y relacionar dichas estructuras con su función fisiológica.
- Deducir situaciones patológicas a partir del conocimiento fisiológico de los órganos previamente estudiados (corazón y pulmón).

* Contenidos (conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes)

Los contenidos mínimos que se trabajan con esta actividad son los fijados por la ley en el RD1105 2014. En este caso, en el bloque 2 y 6 de la asignatura Biología y Geología de 1º de Bachillerato. El bloque 2 recoge como contenido mínimo la planificación y realización de prácticas de laboratorio. El bloque 6: el transporte de gases y la respiración así como las funciones de nutrición de los animales, que incluyen el concepto de circulación y la fisiología cardiaca. Complementariamente a estos contenidos mínimos, se incluyen en esta actividad contenidos de anatomía cardiaca y pulmonar.

Las competencias clave trabajadas a través de esta actividad son la Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT) y la Competencia en comunicación lingüística (CCL). Cada una de estas competencias lleva asociadas una serie de conocimientos, habilidades y actitudes que se trabajan con la actividad descrita y que van a ser detalladas a continuación.

En relación a los conocimientos que constituyen la CMCT, en esta actividad están incluidos: la anatomía cardiaca y pulmonar, la circulación sanguínea y la respiración. Estos conocimientos científicos necesitan, como es lógico, del conocimiento del lenguaje científico asociado a ellos, que también se incluye dentro del apartado conocimientos de la CMCT. En cuanto a las habilidades trabajadas dentro de esta competencia, los alumnos deben de ser capaces de utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, en este caso, el microscopio. Con esta actividad, también se trabaja la capacidad de deducción a partir de evidencias observadas en el laboratorio. Finalmente, las actitudes asociadas a esta competencia y desarrolladas en esta propuesta estarían relacionadas con apoyar la investigación científica y valorar el conocimiento científico.

La CCL recoge numerosos conocimientos, parte de los cuales se recogen en esta actividad y son imprescindibles para el desarrollo de la misma. En primer lugar, conocer la diversidad de lenguaje y de la comunicación en función del contexto, en este caso, científico. Y en segundo lugar, conocer el léxico asociado, imprescindible para la comprensión de los demás conocimientos. En cuanto a las habilidades desarrolladas, se trabaja que el alumno sepa expresarse de forma escrita en diferentes modalidades y soportes. Las actitudes potenciadas con esta actividad estarían relacionadas con reconocer el diálogo como herramienta primordial para la relación y trabajo con los demás.

* *Secuenciación y temporalización*

La actividad está diseñada para realizarse dos sesiones de una hora:

1ª Sesión. Sistema circulatorio: el corazón.

- 0 – 3 min: Evaluación inicial mediante preguntas orales sobre el corazón, su anatomía y su funcionamiento.
- 3 – 15 min: Explicación teórica sobre la anatomía, los tipos de circulación, etc. La explicación se basa en el modelo virtual BioDigital, que muestra el corazón en su contexto dentro del organismo.
- 15 – 35 min: La primera mitad de la clase realiza la disección de los órganos en grupos de cuatro estudiantes. No se entrega guía de disección, los alumnos deben de basarse en la circulación explicada anteriormente para abrir el corazón en sentido del flujo sanguíneo. La segunda mitad de la clase observa las preparaciones histológicas. Se realiza una pequeña explicación sobre la utilización del microscopio y las estructuras que deberían visualizar.
- 35 – 55 min: Cambio de grupos, los de disección a visualización y viceversa.

2ª Sesión. Aparato respiratorio: el pulmón.

- 0 – 3 min: Evaluación inicial mediante preguntas orales sobre el pulmón, sus partes, la respiración, etc.

- 3 – 15 min: Explicación teórica sobre la anatomía del aparato respiratorio. La explicación también se basa en el modelo virtual BioDigital, que muestra el aparato respiratorio en su contexto dentro del organismo. También se utiliza una animación que integra tanto el sistema circulatorio como el respiratorio. Finalmente se muestra una maqueta de látex de todo el árbol alveolar realizada a partir de un pulmón de cordero.
- 15 – 35 min: La primera mitad de la clase realiza la disección de los pulmones en grupos de cuatro estudiantes. No se entrega guía de disección, en este caso se explica a los alumnos que deben realizar cortes transversales a distintos niveles para la observación de las bifurcaciones del árbol bronquial. La segunda mitad de la clase observa las preparaciones histológicas. Se realiza una pequeña explicación sobre las estructuras que deberían visualizar, especialmente la presencia de eritrocitos en las paredes unicelulares de los alveolos, lugar donde se realiza el intercambio de gases.
- 35 – 55 min: Cambio de grupos, los de disección a visualización y viceversa.

* Recursos y espacio

Los recursos utilizados para la realización de la actividad propuesta son:

- Aplicación BioDigital: modelos virtuales de los aparatos circulatorio y respiratorio y de los procesos de respiración y circulación.
- Maqueta de árbol bronquio-alveolar de cordero.
- Órganos de cerdo (8 corazones) y cordero (8 pulmones).
- Preparaciones histológicas de corazón y pulmón (Hematoxilina-eosina).
- Microscopio.
- Material de disección (bandejas, tijeras, guantes).

Así mismo, el espacio utilizado es el laboratorio de Biología y Geología del centro.

* Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje e indicadores de logro

De acuerdo a los contenidos, habilidades y actitudes detallados anteriormente, se van a definir los criterios de evaluación, junto con los estándares de aprendizaje correspondientes. Para facilitar la comprensión y relación de los criterios y estándares con el contenido al que se refiere, se presentan en forma de tabla.

Contenido	Criterio de evaluación	Estándares de aprendizaje	Indicadores de logro
Observaciones microscópicas de tejidos animales. Reconocer la estructura de tejidos animales y asociarlos con la función que realizan.	Asociar imágenes microscópicas del corazón y del pulmón con el tejido al que pertenecen, relacionando su estructura y composición con la función que realizan.	<ul style="list-style-type: none"> - Relaciona los tejidos con sus células características, asociando a cada una la función que realiza. - Relaciona imágenes microscópicas con el tejido al que pertenecen, siendo capaz de realizar representaciones esquemáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relaciona correctamente las imágenes histológicas con el tejido al que pertenecen, reconociendo sus células y la función que realizan. - Relaciona correctamente las imágenes histológicas con el tejido al que pertenecen, pero no reconoce sus células y la función que realizan. - Relaciona incorrectamente las imágenes histológicas con el tejido al que pertenece y no reconoce sus células y la función que realizan.
Anatomía del sistema circulatorio y su funcionamiento.	Conocer el aparato circulatorio y su funcionamiento.	Asocia el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas. - Asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece pero no es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas. - No asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y no es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.
La circulación sanguínea en mamíferos.	Comprender el concepto de circulación cerrada, doble y completa.	Relaciona circulación cerrada, doble y completa con los animales que la presentan y conoce sus ventajas e inconvenientes.	<ul style="list-style-type: none"> - Relaciona correctamente circulación cerrada, doble y completa con los animales que la presentan y conoce sus ventajas e inconvenientes. - Relaciona correctamente circulación cerrada, doble y completa con los animales que la presentan pero no conoce sus ventajas e inconvenientes. - No relaciona correctamente circulación cerrada, doble y completa con los animales que la presentan y no conoce sus ventajas e inconvenientes.
Anatomía del sistema respiratorio y su funcionamiento.	Conocer el aparato respiratorio de los mamíferos y su funcionamiento.	Asocia el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas. - Asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece pero no es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas. - No asocia correctamente el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece pero no es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.

Contenido	Criterio de evaluación	Estándares de aprendizaje	Indicadores de logro
La respiración.	Comprender el concepto de respiración (ventilación, intercambio gaseoso).	Conoce el concepto de respiración y es capaz de explicar el proceso completo que tiene lugar en el aparato respiratorio.	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce correctamente el concepto de respiración y es capaz de explicar el proceso completo que tiene lugar en el aparato respiratorio. - Conoce correctamente el concepto de respiración pero no es capaz de explicar el proceso completo que tiene lugar en el aparato respiratorio. - No conoce el concepto de respiración y no es capaz de explicar el proceso completo que tiene lugar en el aparato respiratorio.
Lenguaje científico.	Conocer el contexto de utilización del lenguaje científico y el léxico necesario para la comunicación y redacción de textos científicos.	Conoce y utiliza el lenguaje científico y el léxico necesario para la redacción y comunicación de textos científicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Comprende el lenguaje científico y conoce el léxico necesario y los utiliza correctamente para la comunicación y la redacción de textos científicos. - Comprende el lenguaje científico y el léxico necesario pero no los utiliza correctamente para la comunicación y la redacción de textos científicos. - No comprende el lenguaje científico y ni el léxico necesario y no los utiliza correctamente para la comunicación y la redacción de textos científicos.
Habilidades	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Indicadores de logro
Utilización del microscopio.	Utilizar correctamente el microscopio y ser capaz de visualizar las muestras histológicas.	Conoce el funcionamiento del microscopio y es capaz de utilizarlo para visualizar las muestras histológicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce el funcionamiento del microscopio y es capaz de utilizarlo para visualizar las muestras histológicas. - No conoce el funcionamiento del microscopio y no puede utilizarlo para visualizar las muestras histológicas.
Deducción de patologías a partir de la fisiología.	Deducir patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos.	Deduce patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos.	<ul style="list-style-type: none"> - Deduce de manera lógica y argumentada, patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos. - Deduce sin argumentación, patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos. - No deduce patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos.

Habilidades	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Indicadores de logro
Expresión escrita en diferentes modalidades y soportes.	Expresar por escrito el conocimiento, asociarlo a representaciones esquemáticas y soportes.	Es capaz de expresar por escrito el conocimiento científico aprendido, asociarlo con diferentes representaciones esquemáticas y utilizarlo en diferentes soportes.	<ul style="list-style-type: none"> - Es capaz de expresar correctamente por escrito el conocimiento científico aprendido, asociarlo con diferentes representaciones esquemáticas y utilizarlo en diferentes soportes. - Es capaz de expresar correctamente por escrito el conocimiento científico aprendido, pero no asociarlo con diferentes representaciones esquemáticas y utilizarlo en diferentes soportes. - No es capaz de expresar correctamente por escrito el conocimiento científico aprendido, y tampoco asociarlo con diferentes representaciones esquemáticas ni utilizarlo en diferentes soportes.
Actitudes	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Indicadores de logro
Apoyar la investigación científica y valorar el conocimiento científico.	Interesarse por la investigación científica y el conocimiento científico que ésta genera.	Se interesa por la investigación científica y el conocimiento científico que ésta genera.	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra un alto interés por la investigación científica y el conocimiento científico generado. - Demuestra interés por la investigación científica y el conocimiento científico generado. - No demuestra interés por la investigación científica y el conocimiento científico generado.
Reconocimiento y utilización del diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.	Reconocer y utilizar el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.	Reconoce y utiliza el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce y utiliza correctamente el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo. - No reconoce ni utiliza correctamente el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.

* Metodología utilizada

La metodología utilizada en esta actividad está basada en las prácticas de laboratorio, dentro de las cuales se utilizan recursos como los modelos anatómicos virtuales, la disección de órganos y la visualización de histologías.

Como ya se ha comentado previamente en este trabajo, las prácticas de laboratorio son consideradas como imprescindibles en la enseñanza de las ciencias y numerosos trabajos refrendan sus beneficios en el aprendizaje científico (Blosser, 1983; Abrahams, 2009; Tarhan y Sesen, 2010; Gyllenpalm et al., 2010; Motlhabane, 2013). También se ha descrito cómo las prácticas de laboratorio aumentan el interés por las ciencias y la motivación de los alumnos. Sin embargo, a pesar de contar con esa motivación extra descrita, los conocimientos de anatomía y fisiología, cuyo aprendizaje es el objetivo de estas actividades, no son sencillos de adquirir, por lo que las estrategias utilizadas en esta propuesta didáctica están diseñadas para facilitar dicho aprendizaje.

En primer lugar, se va a trabajar la integración de las nuevas tecnologías en el aula. Existe un amplio consenso de las ventajas de la utilización de las nuevas tecnologías en cuanto a la mejora de la efectividad del aprendizaje, especialmente en la enseñanza de las ciencias (McFarlane y Sakellariou, 2002; Chandra y Lloyd, 2008; Pantelidis, 2009; Calderón Canales et al., 2016). Más concretamente en el tema de interés, estudios sobre el uso de modelos virtuales para la enseñanza de las ciencias han demostrado la aportación notable de los modelos virtuales al estudio de la naturaleza de los seres vivos. Observar estructuras en tres dimensiones, en movimiento, desarrollo en el tiempo de procesos biológicos, etc., abren al alumno un universo de percepción difícil de alcanzar por otros medios tradicionales (Huk, 2006; González Montero de Espinosa, 2011; Lewis, Burnett, Tunstall, y Abrahams, 2014). Además, los modelos tridimensionales han sido descritos como una oportunidad para mejorar los modelos mentales incompletos de los alumnos (Wu y Shah, 2004). También se ha descrito el profundo impacto del proceso cognitivo espacial en la construcción de estos modelos mentales (Schnotz, 2005). Esto es especialmente relevante en la comprensión de los sistemas complejos, donde los modelos mentales son básicos para entender el sistema completo. A pesar de las numerosas investigaciones que resaltan las ventajas de la utilización de estas tecnologías, parece ser que, hasta la actualidad, su aplicación en el aula es limitada (Kirkman y Wilson, 2015; Calderón Canales et al., 2016). Estas conclusiones, junto con la aparición de aplicaciones gratuitas como BioDigital, deben fomentar la utilización de estos modelos virtuales en las aulas y laboratorios de Biología y Geología.

En segundo lugar, respecto a las actividades asociadas a la utilización de modelos, la disección de órganos ha sido reconocida como actividad que permite a los alumnos desarrollar la observación y la comparación, así como descubrir las similitudes de organización entre los organismos humanos y otros mamíferos (Spernjak y Sorgo, 2017). El estudio llevado a cabo por Spernjak y Sorgo (2017) muestra la importancia de la disección de órganos en alumnos de educación secundaria, destacando las importantes conexiones que se establecen entre teoría y práctica, la observación de la talla y color real de los órganos y la posibilidad de observar estructuras internas como las válvulas del corazón. En dicho estudio, se concluye que la elección óptima es el uso simultáneo de modelos anatómicos virtuales y disección de órganos, ya que aumenta la efectividad del aprendizaje y el interés de los alumnos. Como complementación, el estudio de Musumeci y colaboradores (2014), estudia la idea de que las prácticas con órganos reales mejoran sustancialmente el aprendizaje de la anatomía en alumnos de medicina. Extrapolando estas conclusiones a los alumnos de Bachillerato, se hace evidente la necesidad de la manipulación de órganos animales para la comprensión de la anatomía y fisiología requerida en estos niveles de enseñanza.

En tercer lugar, dado que una de las dificultades de los estudiantes para comprender los sistemas complejos era la comprensión del nivel celular de organización y su relación con el sistema completo (Hmelo et al., 2000; Assaraf et al., 2013), la utilización de preparaciones histológicas de corazón y pulmón que complementen el aprendizaje macroscópico realizado a través de los modelos y la disección, se revela como imprescindible. En este caso, el centro cuenta con un microscopio de alta calidad cuya imagen puede proyectarse para la visualización colectiva.

Finalmente, respecto a la producción por parte de los alumnos, se ha comprobado que, en alumnos de medicina, el dibujo y la realización de esquemas gráficos ayudan a la comprensión de los conceptos anatómicos y facilitan el aprendizaje (Alsaid y Bertrand, 2016). Concretamente estos alumnos no han realizado trabajos manuales o ejercicios durante el curso escolar, por lo que la realización de estos esquemas supondrá una práctica de trabajo no usual y, según el estudio citado, muy provechosa. De esta manera, el informe de prácticas va a contener preguntas que requieren dibujar estructuras tanto macroscópicas como microscópicas.

Toda esta fundamentación teórica apoya la utilización de la metodología de prácticas de laboratorio y los recursos de modelos virtuales, disección de órganos, visualización de estructuras microscópicas y realización de esquemas representativos de los mismos.

V. Evaluación final

En este apartado se van a detallar los procedimientos e instrumentos utilizados para la evaluación de la propuesta didáctica desarrollada previamente. De acuerdo a lo establecido en la LOMCE, la evaluación de los alumnos debe realizarse por competencias.

De manera general, se plantea una evaluación formativa, ya que los alumnos reciben los resultados de la misma antes del examen final de la unidad correspondiente. Así, la evaluación de esta actividad les permite conocer sus avances y reforzar aquellos conocimientos en los que presenten un mayor déficit.

Los procedimientos e instrumentos de evaluación han sido elegidos según la Orden de 26 de noviembre de 2007, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte sobre la evaluación en Educación Secundaria en los centros docentes de la Comunidad autónoma de Aragón. En su artículo 3.2 se establece que dichos procedimientos e instrumentos deben de ser variados para constatar los progresos de los alumnos atendiendo a la diversidad de capacidades, actitudes, ritmos y estilos de aprendizaje.

De acuerdo a lo establecido en la legislación, los procedimientos utilizados para la evaluación de las dos Competencias trabajadas en la actividad propuesta (CMCT y CCL) son diversos. Ambas competencias van a ser evaluadas a través de: observación sistemática de los alumnos durante la realización de la actividad en las dos sesiones, análisis de la producción de los alumnos y un cuestionario.

La observación sistemática permite evaluar las actitudes relacionadas con las dos competencias clave trabajadas. Se utiliza como instrumento de evaluación una rúbrica (Anexo I), que permite la estimación numérica de la adquisición de las actitudes detalladas anteriormente. Esta rúbrica también permite otorgar un valor numérico al comportamiento general del alumno durante la realización de la actividad.

La producción de los alumnos a analizar consiste en la realización de un informe de prácticas (Anexo I), en el que se incluye la representación esquemática de los órganos estudiados (corazón y pulmón) a nivel macro y microscópico. Además, el informe incluye la explicación fisiológica del funcionamiento del órgano correspondiente y una pregunta de deducción de situaciones patológicas a partir de la anatomía y la fisiología conocidas. El análisis de este informe se realiza a partir de una rúbrica, otorgando un valor numérico concreto a cada una de las respuestas del informe (Anexo I).

Por último, el enlace al cuestionario en línea se envía al finalizar las actividades. Este cuestionario (Anexo I), consta de preguntas objetivas y concretas, de elección múltiple y respuestas cortas. La última cuestión plantea un caso hipotético y pregunta sobre la actuación a seguir según los conocimientos adquiridos. La corrección del cuestionario se realiza a partir

de las puntuaciones asociadas previamente a cada pregunta, existiendo únicamente la opción correcta o incorrecta.

A continuación, se detallan los instrumentos de evaluación asociados a los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje especificados en el apartado correspondiente.

Criterio de evaluación	Estándares de aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Asociar imágenes microscópicas del corazón y del pulmón con el tejido al que pertenecen, relacionando su estructura y composición con la función que realizan.	- Relaciona los tejidos con sus células características, asociando a cada una la función que realiza. - Relaciona imágenes microscópicas con el tejido al que pertenecen, siendo capaz de realizar representaciones esquemáticas.	Informe de prácticas
Conocer el aparato circulatorio y su funcionamiento.	Asocia el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.	Informe de prácticas Cuestionario
Comprender el concepto de circulación cerrada, doble y completa.	Relaciona circulación cerrada, doble y completa con los animales que la presentan y conoce sus ventajas e inconvenientes.	Cuestionario
Conocer el aparato respiratorio de los mamíferos y su funcionamiento.	Asocia el aparato respiratorio de los mamíferos con el grupo al que pertenece y es capaz de reconocerlo en representaciones esquemáticas.	Informe de prácticas Cuestionario
Comprender el concepto de respiración (ventilación, intercambio gaseoso).	Conoce el concepto de respiración y es capaz de explicar el proceso completo que tiene lugar en el aparato respiratorio.	Informe de prácticas Cuestionario
Conocer el contexto de utilización del lenguaje científico y el léxico necesario para la comunicación y redacción de textos científicos.	Conoce y utiliza el lenguaje científico y el léxico necesario para la redacción y comunicación de textos científicos.	Informe de prácticas Cuestionario
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Utilizar correctamente el microscopio y ser capaz de visualizar las muestras histológicas.	Conoce el funcionamiento del microscopio y es capaz de utilizarlo para visualizar las muestras histológicas.	Informe de prácticas Rúbrica comportamiento
Deducir patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos.	Deduce patologías no infecciosas a partir del funcionamiento fisiológico de los órganos.	Informe de prácticas
Expresar por escrito el conocimiento, asociarlo a representaciones esquemáticas y soportes.	Es capaz de expresar por escrito el conocimiento científico aprendido, asociarlo con diferentes representaciones esquemáticas y utilizarlo en diferentes soportes.	Informe de prácticas Cuestionario
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Interesarse por la investigación científica y el conocimiento científico que ésta genera.	Se interesa por la investigación científica y el conocimiento científico que ésta genera.	Rúbrica de comportamiento

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Reconocer y utilizar el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.	Reconoce y utiliza el diálogo como herramienta principal en el trabajo en grupo.	Rúbrica de comportamiento

VI. Criterios de calificación

Los criterios de calificación se corresponden al valor porcentual de cada uno de los instrumentos de evaluación utilizados sobre la calificación final de la actividad. En este caso, se otorga un valor de 45% al análisis del informe de prácticas realizado por el alumno tras la actividad. El cuestionario contestado de manera individual a través de Internet supone otro 45% de la nota final. Por último, la rúbrica de evaluación de actitudes cuenta un 10% de la calificación final.

Con respecto al peso específico de la actividad dentro de la unidad didáctica en la que se aloja, se establece que la actividad tiene un valor total de un punto, que se suma a la calificación obtenida en la prueba específica realizada para evaluar la unidad didáctica completa.

VII. Evaluación de la propuesta didáctica y propuestas de mejora

En este apartado van a presentarse los resultados obtenidos tras la aplicación y evaluación de la propuesta detallada. Tras la explicación de los resultados, se realizará la evaluación de la actividad y se sugerirán algunas propuestas de mejora.

* Resultados

Con el objetivo de comprender mejor los resultados, éstos van a ser presentados junto al instrumento de evaluación correspondiente. En primer lugar, el informe de prácticas, formado por cuatro preguntas para cada órgano (dos de dibujo macro y microscópico, una de desarrollo y una de deducción a partir de lo visto). En general, los resultados observados en el informe fueron muy satisfactorios, todos los alumnos obtuvieron entre el 60% y el 100% de la nota. Las representaciones macroscópicas fueron más trabajadas que las microscópicas. Con respecto a la pregunta sobre qué estructuras podían sufrir modificaciones y dar lugar a una patología (pregunta de deducción), se observó cierta homogeneidad en las respuestas.

El enlace a la plataforma para realizar el cuestionario (Google), fue enviado por correo electrónico a todos los alumnos. El cuestionario permaneció abierto una semana de tiempo. Finalmente, y a pesar de los recordatorios por parte del tutor, seis estudiantes no completaron el cuestionario a tiempo, por lo que obtuvieron cero puntos. La nota media del resto de los estudiantes fue de 11/14. Una única alumna no alcanzó el mínimo, obteniendo 6/14, por la falta de respuesta a dos preguntas.

Analizando los resultados por tipo de pregunta, las cuestiones de opción múltiple fueron las mejores, con entre un 74,1% y un 100% de respuestas correctas. En las preguntas cortas, que incluían en todos los casos una segunda pregunta de justificación, ésta quedaba muy frecuentemente sin contestar. En la pregunta de resolución de caso, el 90% de los alumnos contestaron correctamente.

La evaluación de las actitudes y comportamiento, como se ha comentado previamente, fue realizada a través de una rúbrica. En este caso, no fue posible realizar correctamente la evaluación de todos los criterios en todos los alumnos porque la identificación personal de cada uno no fue posible. De este modo, aquellos que completaron el cuestionario electrónico, fueron calificados con la máxima nota ya que se consideró que demostraron interés por la actividad. Aquellos que no completaron el cuestionario se les puso una calificación inferior.

* Evaluación de la propuesta didáctica

La aplicación de la propuesta didáctica detallada permitió realizar un análisis en profundidad de la misma. Con el objetivo de obtener el máximo de información posible, una encuesta anónima fue enviada a los alumnos para conocer su opinión sobre la actividad realizada.

De manera general, los alumnos expresaron una gran satisfacción por la realización de prácticas de laboratorio y, un alto porcentaje de entre ellos, consideró que la realización de dichas prácticas les había ayudado a comprender mejor la teoría. En cuanto al comportamiento, los alumnos de primero de Bachiller manifiestan un interés elevado por la asignatura y, al ser además una actividad novedosa, el comportamiento y la atención fueron correctos en general. Dentro de ese interés, es importante destacar las numerosas preguntas acerca de conceptos o patologías que iban más allá de lo explicado durante las actividades. Incluso aquellos que previamente habían manifestado un cierto desinterés por la asignatura, preguntaron curiosidades acerca del funcionamiento de los órganos, patologías, etc. Me resultó especialmente relevante comprobar cómo es posible despertar el interés de alumnos muy diferentes a través de enfoques alternativos (enfoque patológico, enfoque fisiológico y su relación con el deporte, etc.). Por otro lado, mi formación veterinaria les causaba cierta curiosidad y muchas de las preguntas también orbitaron alrededor de la fisiología animal.

En cuanto al desarrollo de la actividad, aunque fue posible realizar todas las actividades programadas en el tiempo determinado, se detectaron ciertos problemas. En primer lugar, problemas de organización como consecuencia del elevado número de alumnos (32). Las prácticas de laboratorio con un grupo tan numeroso conlleva la aparición de cierto caos. La explicación teórica con los modelos virtuales conllevó algunos problemas para el mantenimiento de la atención. La explicación con los modelos se acompañó de numerosas preguntas para, por un lado hacerles partícipes de la explicación y, por el otro, percibir el nivel de comprensión de los numerosos conceptos. Esto resultó positivo y los alumnos se implicaron, respondiendo preguntas de otros compañeros o debatiendo algunos aspectos. Sin embargo, detecté ciertos problemas en la implicación, con una parte de la clase muy atenta y respondiendo a las preguntas y otra parte callada y sin participar. Mi intención era preguntar al azar y que todo el mundo hablara, pero con una clase tan numerosa es complicado, por lo que cierto porcentaje de alumnos no participó en estas preguntas. Además, es cierto que es mucho más sencillo centrarse en aquellos alumnos que manifiestan su interés y hacen la clase más dinámica, en contraposición a aquellos que no participan de manera natural en las discusiones orales.

La disección y la visualización se realizó en grupos de 16 personas organizadas, posteriormente, en grupos de 4. En el caso de la disección, la no existencia de guión de prácticas supuso algo de confusión al principio. En general, incluso a niveles universitarios, los alumnos están acostumbrados a las instrucciones claras y descritas paso a paso. El hecho de no tener guión de prácticas para la disección de los órganos, especialmente la del corazón por ser más complicada, puede provocar ciertos problemas. Previendo de antemano dicha confusión, di unas pautas, insistiendo que la disección no podía hacerse de cualquier manera, ya que el objetivo era que vieran todas las partes y fueran capaz de realizarla correctamente. Finalmente, la discusión de los miembros de cada grupo sobre los pasos a seguir fue muy fructífera, ya que fueron capaces de explicarse unos a otros las diferencias entre venas y arterias, por qué la sangre entra primero a las aurículas, etc. Por lo tanto, considero positivo dar a los alumnos un cierto margen de independencia, especialmente en este tipo de

actividades, para poder trabajar su autonomía o “emprendimiento”, necesario para su desarrollo completo.

Respecto a la utilización de órganos reales, únicamente dos alumnos manifestaron su repulsa al contacto con los órganos. Esta actitud es obviamente legítima, aunque sorprendente a estos niveles y habiendo elegido la asignatura de Biología voluntariamente. Sin embargo, la ventaja de los grupos de cuatro personas fue que estos alumnos pudieron observar únicamente, e incluso participar en la toma de decisiones sobre la disección, sin tener que tocar el órgano en sí. Dado que los objetivos de la actividad van mucho más lejos, es posible la realización de la misma incluso con un cierto número de alumnos de estas características.

La visualización de las muestras en el microscopio supuso una mayor cantidad de dificultades. A pesar de que el laboratorio escolar cuenta con seis microscopios, sólo uno de ellos, el que está conectado al proyector, es plenamente operativo. Esto conllevó que los 16 alumnos del grupo de visualización tuvieran que esperar para poder manejar el aparato y observar las muestras. Además, como consecuencia de no haber utilizado nunca un microscopio, hubo que dedicar cinco minutos a la explicación del mismo, así como una breve introducción a la preparación de las muestras histológicas, para que supieran qué era exactamente lo que iban a observar.

El manejo del microscopio no supuso un problema en sí mismo y los alumnos demostraron una gran satisfacción al conseguir visualizar las estructuras previamente explicadas. El gran problema de contar con un solo microscopio es que el tiempo que cada alumno pudo dedicar a la visualización fue pequeño, impidiéndoles explorar otras estructuras presentes en las preparaciones. Además, el tiempo de espera provocó cierta desconcentración y la necesidad de repetir la información sobre el uso del microscopio o las estructuras visualizadas.

* Propuestas de mejora

De acuerdo a los resultados obtenidos y a la evaluación de la propuesta didáctica, van a especificarse un serie de propuestas de mejora destinadas tanto a resolver los problemas observados como a permitir la adaptación de la propuestas a otras etapas educativas donde el estudio de la anatomía también sea de interés.

La primera de las propuestas está orientada a mejorar los instrumentos de evaluación y su eficacia. El informe de prácticas, a pesar de haber obtenido excelente resultados, podría ser más eficaz y objetivo si fuera contestado en clase, de manera que cada alumno deba contestar su propio informe sin acceder a las respuestas de los demás. Por otro lado, los problemas observados en el cuestionario, concretamente la falta de respuesta por parte de seis alumnos, podrían resolverse rellenando el cuestionario durante las horas de clase. Por último, el problema de identificación de los alumnos para calificar mediante la rúbrica de comportamiento, no es algo frecuente porque, normalmente, el profesor de la asignatura conoce e identifica a sus alumnos.

Respecto a los problemas observados durante la realización de las prácticas, las propuestas van orientadas a mejorar la organización. Con un grupo tan numeroso, la realización de prácticas con un único responsable en el laboratorio entraña una gran dificultad. La solución podría ser dividir a los alumnos en grupos más pequeños y diseñar tareas específicas para cada uno de ellos. Podrían utilizarse las aulas contiguas al laboratorio para realizar tareas como el informe de prácticas o ejercicios relacionados. También podría proponerse una metodología de grupo de expertos para la realización de las prácticas, a semejanza de las prácticas de anatomía en las universidades de medicina y veterinaria. De esta manera, un grupo pequeño de alumnos recibe la práctica por parte del profesor y la prepara en casa previamente. A continuación, cada uno de estos expertos recibe un grupo de alumnos a los que debe explicar tanto la anatomía como la fisiología del órgano, guiarlos en la disección, explicar la visualización microscópica, etc.

Para la adaptación de la práctica a niveles inferiores, es imprescindible tener en cuenta los sentimientos de los alumnos respecto a la manipulación de órganos. En este caso, la mayoría de los alumnos del grupo expresaron su intención de realizar estudios biomédicos, por lo que la disección de órganos no supone un problema. En caso de que sí existiera, podría ser una práctica voluntaria y utilizar tanto órganos reales como maquetas de plástico.

VIII. Conclusiones del Máster

Como se ha comentado al comienzo de esta memoria, el Máster de Profesorado tiene como objetivo la formación de licenciados y graduados en materias como didáctica, psicología, legislación educativa, etc., de manera que puedan integrarse en el sistema educativo español y contribuir a su mejora. La formación integral recibida complementa los conocimientos científicos adquiridos durante la etapa universitaria, revelándose como fundamentales para el ejercicio profesional de la docencia. Además, ayuda a comprender la complejidad de la educación a nivel sistémico y local, dentro de las aulas. Esto último, incluye el estudio de los problemas y realidades que los docentes encuentran en las aulas y que han evolucionado enormemente en los últimos años. Su conocimiento resulta imprescindible para el buen desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje que ocurren en el interior de las aulas. Además, y por supuesto, de ser necesarios para contribuir de manera positiva y sumatoria al desarrollo personal de los alumnos.

De acuerdo con esta idea inicial, se espera de este Máster una formación que incluya todos los aspectos relacionados con la educación, desde el marco legal hasta la formación en psicología, pasando por la sociología, o las distintas especialidades. En este aspecto, el Máster puede considerarse muy completo, ya que se imparten disciplinas muy diferentes a las de la formación inicial (especialmente en el caso de las carreras científicas) y que, en mi opinión, son totalmente necesarias para el ejercicio de la profesión. Como contrapeso negativo, cabría comentar la repetición de materia observada en diferentes asignaturas, algo que podría solventarse con una mayor coordinación entre los diferentes departamentos que conforman la docencia del Máster. Esto tendría un positivo efecto, especialmente en aquellas asignaturas con una gran carga teórica, que podría rebajarse dejando paso a la aplicación de casos prácticos, por ejemplo.

Otro de los puntos importantes de este Máster, es la posibilidad de realizar prácticas en centros de Educación Secundaria, permitiendo así una experiencia real de la docencia. Esto es adecuado, tanto para afianzar la vocación y la confianza de los futuros docentes, como para comprobar *in situ* las fortalezas y debilidades de cada uno para poder trabajar en ellas en un futuro. En mi experiencia personal, las prácticas de noviembre no fueron muy provechosas, a pesar de poder entrar en clase. El objetivo de las mismas es conocer el funcionamiento organizativo del centro y, puesto que no tuve oportunidad de acudir a ninguna de las reuniones que se realizaron en el centro (que fueron muy escasas), no considero alcanzado el objetivo de estas primeras prácticas. El segundo periodo de prácticas, más largo, resultó ser completamente satisfactorio. Sería muy interesante poder alargar este periodo de práctica docente, sin embargo, el trastorno que supone a los centros acogernos posiblemente impida que esto se lleve a la práctica.

Por otro lado, respecto a la modalidad de evaluación de las asignaturas, he cursado en todas ellas la opción de evaluación continua. Esta modalidad de evaluación incluye un alto número de tareas a lo largo del año y, en algunos casos, también la asistencia obligatoria. Todo ello me parece lógico y coherente, puesto que se pretende que el alumno se implique en la asignatura

durante todo el año. Sin embargo, considero que este tipo de evaluación debe conllevar una retroalimentación constante por parte del profesor, con el objetivo de mejorar conforme la asignatura se desarrolla. De esta manera, es posible ir avanzando a lo largo de los trabajos al mismo tiempo que se implementan las mejoras sugeridas por el docente de la asignatura correspondiente. En ninguna de las asignaturas se han analizado de esta manera las prácticas y trabajos realizados durante el cuatrimestre. En mi opinión, esto supondría un aumento de la calidad docente y la satisfacción del alumnado, ya que proveniendo de disciplinas tan alejadas, a pesar de haber realizado prácticas o trabajos de investigación previos, en numerosas ocasiones no se sabe qué es exactamente lo que se pide o la manera correcta de enfocar las tareas.

Es cierto que lo sugerido anteriormente implica una alta carga de trabajo para el profesor y soy consciente que el número de alumnos es fundamental. En este caso no somos el grupo más numeroso de entre todas las especialidades pero durante el primer cuatrimestre muchas de las asignaturas serían más interesantes y podrían aprovecharse mucho más si la ratio disminuyera.

Por último, me gustaría destacar la asignatura de Geología, asignatura complementaria que cursé por tener formación previa eminentemente biológica. Esta asignatura no sólo ha despertado mi interés por una rama de la ciencia a la que nunca me había acercado, si no que ha sido todo un ejemplo de didáctica. Obviamente, una clase de alumnos de Máster es muy diferente a una clase de alumnos de secundaria, pero ha sido un excelente ejemplo de cómo las clases magistrales, imprescindibles en la educación, pueden llegar a ser muy atractivas y eficaces, siendo el docente el último responsable de ello.

Como conclusión final, considero que, en general, el Máster necesita un mayor grado de practicidad para poder ser llamado completamente profesionalizante. Práctico, no con respecto al número de prácticas realizadas en todas las asignaturas, que ha sido elevado, si no a que el conocimiento adquirido a través de ellas constituya una herramienta para el futuro profesional. En ocasiones, la sensación ha sido de que la teoría era explicada, pero el nexo de unión con la práctica quedaba olvidado. Aun así, considero que la formación y los recursos recibidos serán útiles para el futuro profesional y constituyen el punto de partida de una autoformación que, indudablemente, durará a lo largo de toda la vida como docente.

IX. Referencias bibliográficas

- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2335-2353.
- Alsaid, B., & Bertrand, M. (2016). Students' memorization of anatomy, influence of drawing. *Morphologie: Bulletin De l'Association Des Anatomistes*, 100(328), 2-6.
- Assaraf, O. B.-Z., Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research in Science Education*, 43(1), 33-56.
- Assaraf, O. B.-Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), 322-360.
- Blosser, P. E. (1983). What Research Says. *School Science and Mathematics*, 83(2), 165-169.
- Calderón Canales, E., Flores Camacho, F., Gallegos Cázares, L., de la Cruz Martínez, G., Ramírez Ortega, J., & Castañeda Martínez, R. (2016). Laboratorios de ciencias en el bachillerato: tecnologías digitales y adaptación docente. *Apertura, Revista de Innovación Educativa*, 8(1).
- Chandra, V., & Lloyd, M. (2008). The methodological nettle: ICT and student achievement. *British Journal of Educational Technology*, 39(6), 1087-1098.
- Coll, C., Palacios, J., & Marchesi, A. (Eds.). (2001). *Desarrollo psicológico y educación* (2. ed). Madrid: Alianza Editorial.
- Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959.
- Duncan, R., & Reiser, B. (2005). Designing for complex system understanding in the high school biology classroom. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.*
- Duque Rodríguez de Arellano, L., Jiménez Plaza, S., & Cuerva Moreno, J. (1996). Análisis de las prácticas de laboratorio realizadas en Institutos de Enseñanza Secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 10, 3-9.

- Ekli, E., Karadon, H. D., & Sahin, N. (2009). High school students attitudes and opinions regarding biology course and biological sciences. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1137-1140. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.204>
- Fernández Tilve, M. D., & Malvar Méndez, M. L. (2007). La evaluación inicial en los centros de secundaria ¿Cómo abordarla? *Revista galego-portuguesa de psicoloxía e educación*, 14(1).
- Goldstone, R. L., & Wilensky, U. (2008). Promoting Transfer by Grounding Complex Systems Principles. *Journal of the Learning Sciences*, 17(4), 465-516. <https://doi.org/10.1080/10508400802394898>
- González Montero de Espinosa, M. (Ed.). (2011). *Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la biología y la geología*. Madrid: Santillana.
- Greenwald, E., Segre, E., & Feinerman, O. (2015). Ant trophallactic networks: simultaneous measurement of interaction patterns and food dissemination. *Scientific Reports*, 5(1).
- Gyllenpalm, J., Wickman, P., & Holmgren, S. (2010). Teachers' Language on Scientific Inquiry: Methods of teaching or methods of inquiry? *International Journal of Science Education*, 32(9), 1151-1172.
- Hmelo, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to Learn About Complex Systems. *Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 247-298.
- Hmelo-Silver, C. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28(1), 127-138.
- Hmelo-Silver, C. E., & Azevedo, R. (2006). Understanding Complex Systems: Some Core Challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 53-61.
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? the case of spatial ability: 3D-models and spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
- Kirkman, P., & Wilson, E. (2015). *Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de las ciencias: fundamentos cognitivos y procesos*. México: UNAM/Porrúa: F. Flores.
- Lewis, T. L., Burnett, B., Tunstall, R. G., & Abrahams, P. H. (2014). Complementing anatomy education using three-dimensional anatomy mobile software applications on tablet

- computers: Anatomy Education and Tablets in the Digital Age. *Clinical Anatomy*, 27(3), 313-320.
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(9), 1023-1040.
- Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16(1), 37-47.
- McFarlane, A., & Sakellariou, S. (2002). The Role of ICT in Science Education. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 219-232.
- Motlhabane, A. (2013). Andragogical Approach to Teaching and Learning Practical Work in Science: A Case of In-service Training of Teachers. *Int J Edu Sci*, 5(3), 201-207.
- Musumeci, G., Loreto, C., Mazzone, V., Szychlinska, M. A., Castrogiovanni, P., & Castorina, S. (2014). Practical training on porcine hearts enhances students' knowledge of human cardiac anatomy. *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft*, 196(2-3), 92-99.
- Pantelidis, V. S. (2009). Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2).
- Rubio Sáez, N. (2014). El problema de los contenidos en el bachillerato, un aspecto no valorado suficientemente en las reformas educativas. *Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa*, 43, 63-88.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. En R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49-70). Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado a partir de <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511816819A011>
- Spernjak, A., & Sorgo, A. (2017). Dissection of Mammalian Organs and Opinions about It among Lower and Upper Secondary School Students. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 111-130.
- Tarhan, L., & Sesen, B. A. (2010). Investigation the effectiveness of laboratory works related to «acids and bases» on learning achievements and attitudes toward laboratory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2631-2636.

- Tripto, J., Assaraf, O. B. Z., Snapir, Z., & Amit, M. (2017). How is the body's systemic nature manifested amongst high school biology students? *Instructional Science*, 45(1), 73-98.
- Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543-568.
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.