

Aprendizaje de la célula en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria: la influencia del contexto socio-económico familiar en tiempos de crisis

José Ángel Muñoz Pérez, Alberto Muñoz Muñoz y Juan Peña Martínez

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid, España. E-mails: joseangelmunoz@ucm.es, albemuno@ucm.es, juan.pena@ucm.es

Resumen: La actual crisis económica hace especialmente importante analizar la relación entre el aprendizaje de los alumnos y el contexto socio-económico de sus familias. Hemos analizado la evolución de conocimientos sobre Biología Celular y la competencia científica asociada en 79 estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, considerando algunas variables socio-económicas en el contexto familiar. Existe un aumento de los conocimientos y la competencia científica a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria, pero los estudiantes cuyos progenitores ejercen profesiones más cualificadas muestran mejores niveles de competencia científica, mientras que la capacidad de asimilar conceptos se relaciona más con el nivel de estudios de las familias. Los resultados sugieren que el contexto socio-económico familiar es un elemento fundamental para la formación científica en la etapa de Educación Secundaria, y alertan de la necesidad de tomar medidas efectivas para mejorar la equidad del sistema educativo, especialmente en estos momentos en que son evidentes las secuelas de la crisis económica en España.

Palabras clave: biología celular, competencia científica, contexto socio-económico, educación secundaria, equidad, familia.

Title: Learning the cell by students of Compulsory Secondary Education: the influence of socio-economic context of families in times of crisis.

Abstract: The current economic crisis makes especially important to analyse the relationship between students' learning and the socio-economic context of their families. We have analysed the evolution of knowledge about Cellular Biology and the scientific competence associated in 79 students of Compulsory Secondary Education, considering several socio-economic variables in the familiar context. There is a positive evolution of knowledge and competence along the Compulsory Secondary Education, but the students from parents with more qualified jobs showed better levels of scientific competence, whereas the capacity of assimilating concepts was more related with the mean level of familiar studies. The results suggest that the familiar socio-economic context is a pivotal element in the scientific training at the stage of Secondary Education, and warn about the need to implement effective measures to improve the equitativity of the educational

system, especially in these moments when the consequences of the economic crisis in Spain are more evident.

Keywords: celular biology, scientific competence, socio-economic context, secondary education, equitativity, family.

Introducción

Existen un gran número de factores de diferente naturaleza que pueden afectar al rendimiento académico de los alumnos y, por tanto, en el desarrollo de sus competencias básicas. Sin embargo, las circunstancias sociales que se han derivado de la crisis económica que ha sufrido España hacen especialmente importantes a los factores económicos, sociales y culturales del alumnado y sus familias. Diversos autores apuntan que un nivel socio-económico favorable puede repercutir en un mejor rendimiento académico (Cordero, Crespo y Santín, 2010; Elosúa, 2013; Nieto y Ramos, 2011; Perelman y Santín, 2010; Reyes y González, 2006; Ruiz de Miguel, 2001). En este contexto, la relación entre el nivel socio-económico de las familias y el rendimiento de los estudiantes se suele interpretar como una medida de equidad de los sistemas educativos (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013a y b). Un sistema educativo es equitativo cuando el rendimiento de los alumnos es independiente del entorno socio-económico de su familia. En términos de equidad, el último informe PISA muestra unos resultados preocupantes en estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria en España, ya que las diferencias de rendimiento entre alumnos más y menos favorecidos han crecido significativamente de 2003 a 2012 (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013a), coincidiendo con el peor periodo de crisis. Además, el impacto del entorno socio-económico y cultural en España sobre el rendimiento académico de estos alumnos está muy por encima de la media de la OCDE (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013b). En el campo de la enseñanza de las ciencias estos aspectos son aún más relevantes, puesto que los últimos resultados obtenidos en PISA en el área de ciencias y en resolución de problemas muestran que los alumnos españoles ocupan una mala posición dentro de la OCDE (posición 21 de 34 países y 23 de 28, respectivamente; Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013b). Por tanto, es muy relevante analizar cómo el contexto socio-económico puede afectar al aprendizaje científico, en un momento en que son patentes las secuelas socio-económicas de la crisis en muchas familias españolas. La Biología Celular es una disciplina muy útil para analizar la evolución de los conocimientos y de la competencia científica a lo largo de diferentes cursos de Educación Secundaria Obligatoria, ya que está relacionada con los contenidos de Biología general que se trabajan en todos los cursos de esta etapa educativa (RD 1631/2006 de 29 de diciembre).

Fundamentación teórica

Numerosos estudios han evidenciado que el conocimiento sobre la estructura y función de la célula resulta imprescindible para comprender una gran diversidad de contenidos de Biología, de manera que los errores conceptuales de los estudiantes sobre la célula pueden afectar de forma directa a su aprendizaje general de Biología (Cohen y Yarden, 2010;

Rodríguez y Moreira, 2002; Torotikaguena, 2013). A su vez, buena parte de la bibliografía pone de manifiesto que el estudio de la célula normalmente resulta complejo y abstracto para los alumnos, y por tanto problemático desde el punto de vista pedagógico (Ariza et al., 2009; Mengascini, 2006; Reyes y González, 2006; Rodríguez, 2000). En este escenario es importante considerar la metodología docente, porque algunos estudios señalan que trabajar la célula basándose exclusivamente en libros de texto genera una imagen funcional y estructural equívoca de la misma (Camacho et al., 2012). En estos casos, incluso aunque la imagen sea correcta, el alumno puede adquirir conocimientos basándose únicamente en la memorización mecánica, lo que no le permitirá aplicarlos para resolver situaciones relacionadas con la Biología (García, 1991; Moreira, 2010). En contraposición, se puede trabajar un aprendizaje más significativo promoviendo habilidades y capacidades en los alumnos que les permitan solucionar problemas relacionados de su vida cotidiana, es decir, hacer más hincapié en las correspondientes competencias (Ausubel, 2002; Muñoz y Díaz, 2009). Por otro lado, más allá de la metodología y los contenidos trabajados, se ha observado que las variables del ámbito familiar determinan el rendimiento escolar del alumno, de manera que los hijos de padres de alto nivel socioeconómico tienen una menor probabilidad de fracaso escolar (Calero, Choi y Waisgrais, 2010; Cordero, Crespo y Santín, 2013). En el presente trabajo, hemos analizado cómo cambia la adquisición de conocimientos sobre la Biología Celular y el desarrollo de la competencia científica asociada en alumnos de los cuatro cursos de Educación Secundaria Obligatoria, teniendo en cuenta la influencia de algunos factores socio-económicos y culturales de sus familias. Los resultados obtenidos permiten realizar una serie de propuestas encaminadas a mejorar la equidad del aprendizaje científico en Educación Secundaria Obligatoria.

Metodología

Contexto del centro educativo y diseño del estudio

La investigación se realizó en el curso académico 2014-2015, en un centro de Educación Secundaria Obligatoria de Madrid ubicado en Orcasitas, un barrio especialmente castigado por la crisis económica. Esto queda patente en las estadísticas del propio centro, donde el 27% de los alumnos pertenecen a familias perceptoras de la Renta Mínima de Inserción y la mayoría viven en pisos del Instituto Municipal de la Vivienda. Además, el nivel medio de estudios de los padres es bajo, incluyendo algunas familias en las que los padres no saben leer.

Con el objetivo de conocer cómo cambia el aprendizaje sobre 'Biología Celular' a lo largo de los cuatro de la E.S.O. y cómo influyen ciertas variables socio-económicas y culturales, se diseñaron dos cuestionarios: uno para evaluar los conocimientos sobre la célula y la competencia científica asociada (capacidad de transferencia de conocimientos), y otro para registrar variables sociales, económicas y culturales de las familias de los alumnos. El primer cuestionario se componía de diez preguntas, donde siete estaban orientadas a analizar el conocimiento teórico sobre la célula, y otras tres a analizar la resolución de problemas prácticos relacionados con la 'Biología Celular' de cara a evaluar la competencia científica de los alumnos (Anexo 1). Este cuestionario se diseñó a partir de los trabajos de

investigación de Caballer y Giménez (1992 y 1993) y Rivera (2011). En cuanto a la información individual sobre el nivel socio-económico y cultural de las familias de los alumnos, se elaboró un cuestionario en consenso con el equipo directivo del centro, que incluía preguntas como el nivel de estudios y profesión de los progenitores, asistencia a eventos culturales o el número de libros presentes en el domicilio familiar (Anexo 2). Se eligieron estas variables porque son las que utiliza la OCDE en los diferentes programas internacionales de evaluación de competencias como PISA o PIACC para estimar la equidad de los sistemas educativos. Los cuestionarios de conocimiento-competencia sobre 'Biología Celular' y sobre nivel socio-económico y cultural fueron completados por un total de 79 alumnos de la E.S.O.: 25 alumnos de primer curso, 20 alumnos de segundo, 20 alumnos de tercero (11 de ellos del programa de Diversificación), y 14 alumnos de cuarto (9 de ellos del programa de Diversificación). En este último curso las asignaturas del tema son optativas, lo que hay que considerar en el análisis de los resultados. El análisis de las diferencias entre alumnos de diferentes cursos permite aproximar cómo puede ser su evolución a lo largo de la ESO, aunque en el estudio no se ha podido realizar un seguimiento individual a lo largo de todos los cursos.

Análisis de datos

Del primer cuestionario de 10 preguntas se obtuvo una estima global del conocimiento teórico y la competencia científica de los alumnos según el siguiente esquema de valoración de las respuestas correctas e incorrectas:

a) Las respuestas a la pregunta 1 se consideraron correctas si el alumno señalaba únicamente los 3 dibujos que representaban seres vivos.

b) Las respuestas a las preguntas 2 y 3 se consideraron correctas o incorrectas según la lógica argumental de los alumnos.

c) Las respuestas a la pregunta 4 sobre la forma de la célula se dividieron en 5 categorías: sin forma, redonda, cuadrada, rectangular y ovalada.

d) Las respuestas a la pregunta 5 se consideraron correctas cuando se citaban las células procariotas, eucariotas, animales y vegetales. Además, se consideró independientemente la identificación de, por un lado, células procariotas-eucariotas, y por otro, células animales-vegetales.

e) Las respuestas a la pregunta 6 sobre las funciones vitales se consideraron correctas si todas las afirmaciones se señalaban como verdaderas.

f) En la pregunta 7, los dibujos de los alumnos se clasificaron en diferentes modelos según el nivel de detalle de las principales partes de la célula representadas (membrana plasmática, citoplasma y núcleo), su estructura general y las funciones principales según Camacho et al. (2012). Se establecieron cuatro modelos distintos. El modelo A se corresponde con el modelo Hooke e incluye aquellos dibujos donde la célula carece de estructuras y principales partes. El modelo B (modelo de Brown) representa el núcleo como parte principal de la célula. El modelo C incluye al menos dos de las principales partes de la célula (membrana plasmática, citoplasma y núcleo). El modelo D representa las principales partes de la célula, los

principales orgánulos y acompañan sus dibujos con una breve explicación de algunas partes de la célula (Camacho et al., 2012).

En cada pregunta se asignó un valor de 0 a las respuestas incorrectas y un valor de 1 a las respuestas correctas (preguntas 1, 2, 3, 5 y 6), y se realizó un sumatorio para obtener una puntuación global sobre conocimiento de la célula de cada alumno. Las respuestas a las preguntas 4 y 7 no se categorizaron de esta manera, puesto que se trataba de preguntas abiertas consistentes en la realización de un dibujo o la descripción de una forma (Anexo 1). Las respuestas a las tres preguntas sobre competencia científica (preguntas 8, 9 y 10) se consideraron correctas (1) o incorrectas (0) según la lógica argumental de los alumnos. El sumatorio de las puntuaciones obtenidas en estas preguntas conformó una nota de competencia científica de los alumnos. Se construyó una variable 'nota final' para cada alumno a partir de la suma de la nota de conocimiento y la de competencia. Para comparar las medias entre variables de conocimiento, competencia y total entre cursos se llevó a cabo un análisis de la varianza (Anova), para contrastar la hipótesis nula de que no hay diferencias entre las calificaciones medias de los cursos investigados. También se realizaron correlaciones entre las variables de nivel socio-económico y las notas de conocimientos y competencia. Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa Statistica 6.0.

En el segundo cuestionario sobre el contexto socio-económico de las familias completado por los alumnos se obtuvieron las siguientes variables numéricas:

a) Estudios de los progenitores: 0 (Educación Primaria incompleta), 1 (Primaria completa), 2 (Secundaria incompleta), 3 (Secundaria completa), 4 (Formación Profesional completa), 5 (estudios universitarios) y 6 (estudios de postgrado). La media aritmética obtenida entre los valores del padre y la madre se utilizó como estima de los 'estudios de la unidad familiar'.

b) Profesión de los progenitores: 0 (sin padre/madre), 1 (en paro), 2 (trabajo no cualificado, entendido como aquel para el cual no se requiere formación académica) y 3 (trabajo cualificado). La media aritmética obtenida entre los valores de la profesión del padre y la madre se empleó como estima de "profesión familiar".

c) Número de libros en el hogar: 0 (ninguno), 1 (pocos), 2 (bastantes) y 3 (muchos).

d) Asistencia a eventos culturales (visitas al teatro, cine, museos sin la participación del centro educativo): 0 (no) y 1 (sí).

Cada alumno participante en este estudio era identificado anónimamente con un código para permitir el cruzado de datos entre los dos cuestionarios para el posterior análisis.

Resultados

Conocimientos y competencia científica

Los resultados de este epígrafe corresponden a las respuestas del cuestionario (Anexo 1) y muestran una mejora de los conceptos correctos de ser vivo (pregunta 1) y sus características (pregunta 2) así como el

concepto de célula (pregunta 3) a lo largo de los cuatro cursos de la E.S.O. (Tabla 1). Como se puede observar en la Tabla 1, los conceptos correctos de célula y de ser vivo los alcanzan todos los alumnos en tercer curso. Sin embargo, los alumnos de diversificación presentan resultados notablemente inferiores, y no todos se gradúan en E.S.O. con estos conceptos claros.

Curso Educación Secundaria Obligatoria	Concepto de célula	Seres vivos identificados	Características de seres vivos identificados
Primero	56 %	44 %	20 %
Segundo	55 %	65 %	30 %
Tercero Diversificación	73 %	63 %	27 %
Tercero	100 %	100 %	78 %
Cuarto Diversificación	11 %	89 %	78 %
Cuarto	100 %	100 %	100 %

Tabla 1.- Porcentajes de respuestas correctas por curso en las cuestiones relativas a los seres vivos identificados y sus características y al concepto de célula (preguntas 1, 2 y 3 del Anexo 1, respectivamente).

También se observa un avance respecto a las diferentes categorías de células identificadas por los alumnos (pregunta 5), siendo más común la diferenciación entre células animales-vegetales que procariotas-eucariotas. Sin embargo, en cuarto curso todos los alumnos diferencian células procariotas-eucariotas y animales-vegetales (Figura 1).

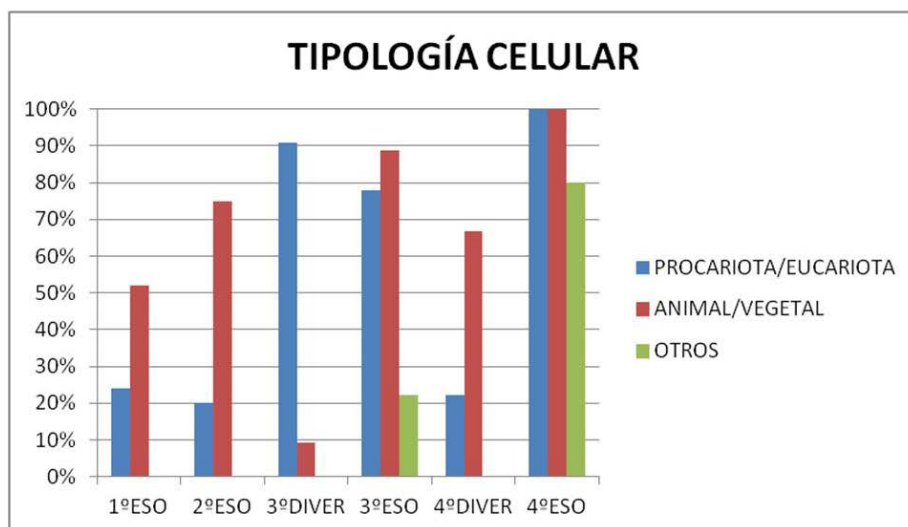


Figura 1.- Porcentaje de alumnos de los diferentes cursos de la E.S.O. (incluidos 3º y 4º de diversificación) que son capaces de diferenciar células procariotas/eucariotas, células animales/vegetales y otros tipos de células.

Los dibujos de células realizados por los alumnos (pregunta 7) fueron categorizados en cuatro modelos según su nivel de detalle (ver sección análisis de datos). Los dibujos de tercer y cuarto curso ya incluyen el modelo D, donde se representa el núcleo, la membrana citoplasmática y el citoplasma junto con una serie de orgánulos y sus respectivas funciones. La

representación del modelo A, correspondiente a la representación más simple que no señala las partes fundamentales de la célula, se reduce según aumentamos de curso académico, aunque aún se mantiene bien representado en alumnos de diversificación (Figura 2).

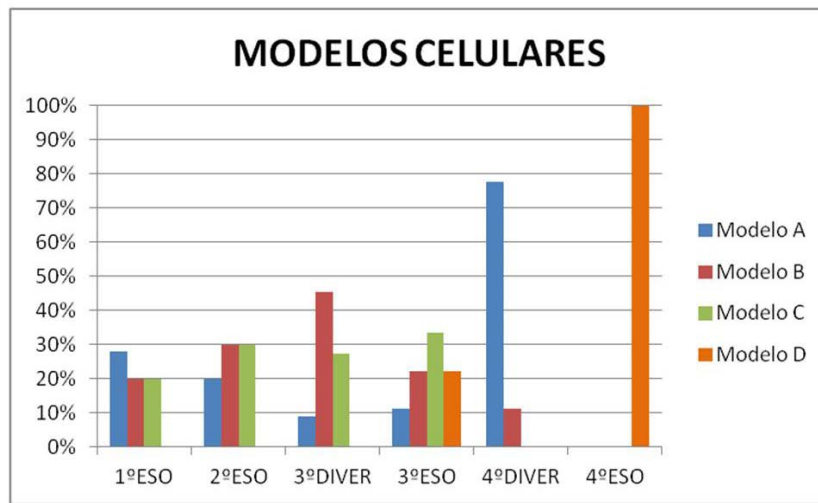


Figura 2.- Porcentaje de alumnos de los diferentes cursos de E.S.O. (incluidos 3º y 4º de diversificación) que representan diferentes modelos celulares según su grado de complejidad (mínima en el modelo A y máxima en el modelo D, según Camacho et al., 2012).

La calificación media de conocimientos sobre biología celular aumenta significativamente a lo largo de los cuatro cursos de la E.S.O. (Anova $F_{5,72}=13.4$; $P<0.001$; Figura 3). En cambio, los alumnos de Diversificación muestran un nivel más bajo y no experimentan cambios significativos de tercer a cuarto curso. La calificación media global de la capacidad de transferencia de conocimientos (competencia científica), recogida en las preguntas 8, 9 y 10, muestra un patrón de evolución muy similar a la de los propios conocimientos (Anova $F_{5,73}=8.5$; $P<0.001$; Figura 3).

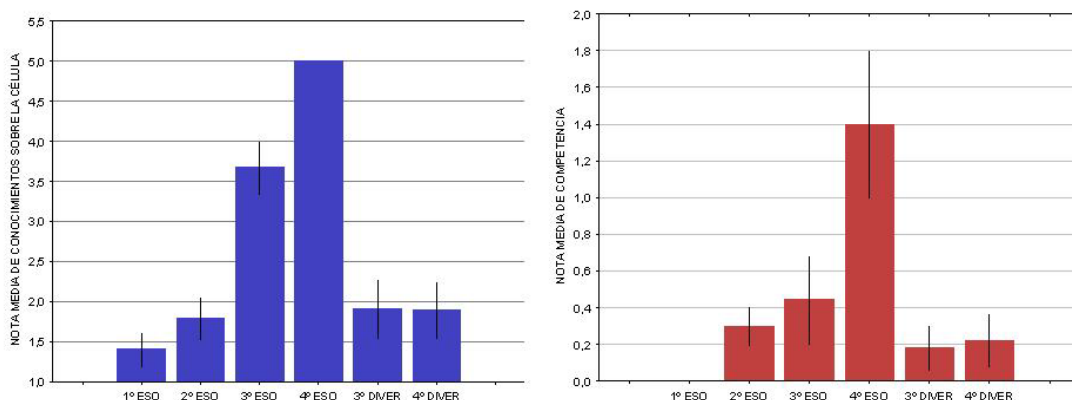


Figura 3.- Representación de la nota media global de conocimientos sobre la célula (izquierda) y la competencia científica asociada (derecha) obtenida por los alumnos en cada curso de la E.S.O., incluidos los grupos de diversificación (las líneas sobre las barras representan el error estándar).

Teniendo en cuenta las puntuaciones de conocimientos y de competencia conjuntamente, los alumnos de primero a cuarto de E.S.O. muestran una evolución positiva en la media de la nota total (Anova $F_{5,72} = 19.5$; $P < 0.001$), mientras que los alumnos de Diversificación se mantienen en un nivel similar al de los de segundo curso (Figura 4).

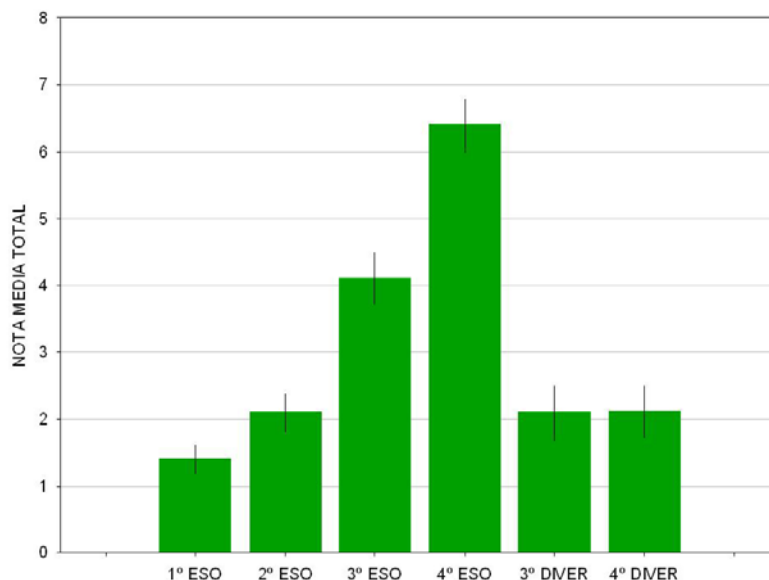


Figura 4.- Representación de la nota media global de conocimientos y competencia sobre biología celular en los diferentes cursos de la E.S.O., incluidos los grupos de diversificación (las líneas sobre las barras representan el error estándar).

Efecto de las variables socio-económicas y culturales

El nivel de conocimientos de los estudiantes aumenta progresivamente con el nivel de estudios medios de los progenitores. Sin embargo, es llamativo que este aumento solo ocurre hasta el nivel de estudios de Educación Secundaria (Coeficiente de correlación = 0.89; $P < 0.01$), para luego estabilizarse o incluso decrecer con estudios superiores de los progenitores (Coeficiente de correlación = 0.29; $P = 0.27$) (Figura 5). En contraste con este patrón, el nivel de estudios de los padres no parece afectar al nivel de competencia de los alumnos (Coeficiente de correlación = 0.03; $P = 0.32$) (Figura 5).

Curiosamente, las relaciones con la profesión de los progenitores muestran un patrón inverso al de los estudios medios de los progenitores, de manera que aquellos alumnos cuyos padres ejercen profesiones más cualificadas obtienen mejores resultados en el nivel de competencia científica (Coeficiente de correlación = 0.89; $P < 0.01$), pero no mejores resultados en conocimientos (Coeficiente de correlación = 0.04; $P = 0.72$) (Figura 6).

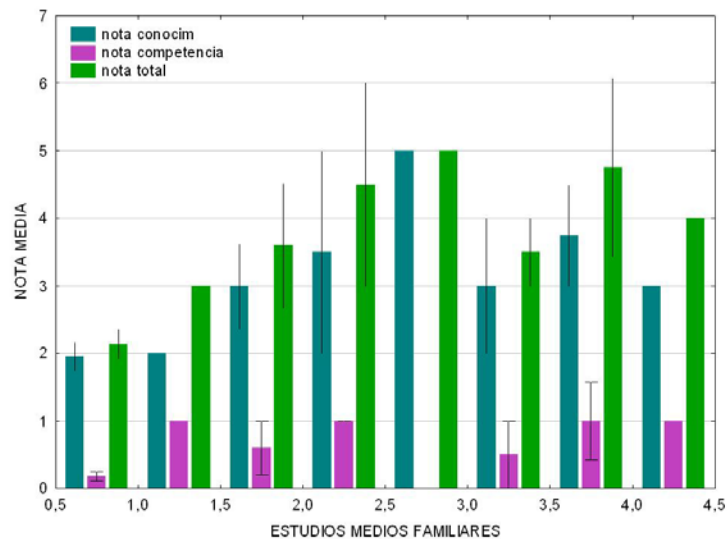


Figura 5. Nota media de la prueba de conocimientos sobre biología celular, competencia asociada y nota total (conocimientos + competencia), obtenidas por los alumnos de E.S.O. según el nivel de estudios medio de sus progenitores (ver análisis de datos). Las líneas sobre las barras representan el error estándar.

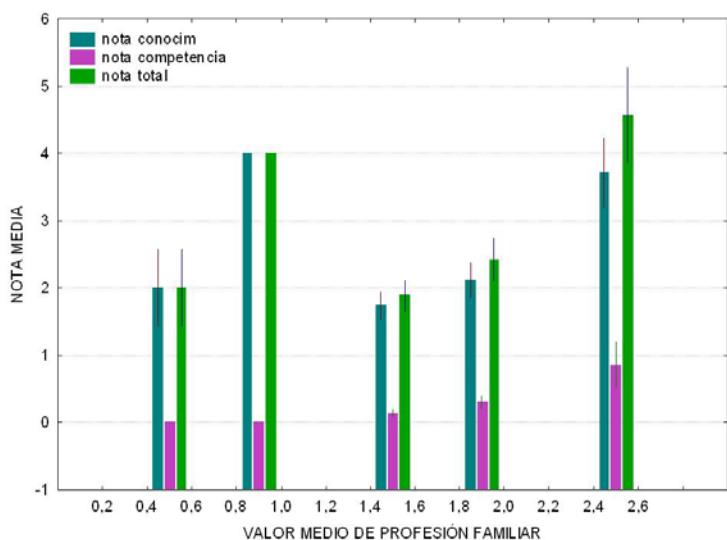


Figura 6.- Nota media de la prueba de conocimientos sobre biología celular, competencia asociada y nota total (conocimientos + competencia), obtenidas por los alumnos de E.S.O. según el nivel de cualificación de la profesión de sus progenitores (ver análisis de datos). Las líneas sobre las barras representan el error estándar.

Se encontraron relaciones importantes entre las variables socio-económicas y culturales de las familias y el aprendizaje de los estudiantes. En la Figura 7 se puede observar cómo aquellos alumnos que asisten al teatro, cine y museos con sus familias tienen significativamente mayor nota media tanto en conocimientos (Anova $F_{1,77} = 26.9$; $P < 0.001$) como en competencia (Anova $F_{1,77} = 10.1$; $P < 0.01$). Además, también se encontró una correlación positiva y significativa entre el número de libros presentes en el domicilio familiar y el nivel de conocimientos (Coeficiente de correlación = 0.86; $P = 0.04$) y marginalmente significativo en el caso de la

competencia (Coeficiente de correlación = 0.80; $P=0.06$) de los alumnos (Figura 7).

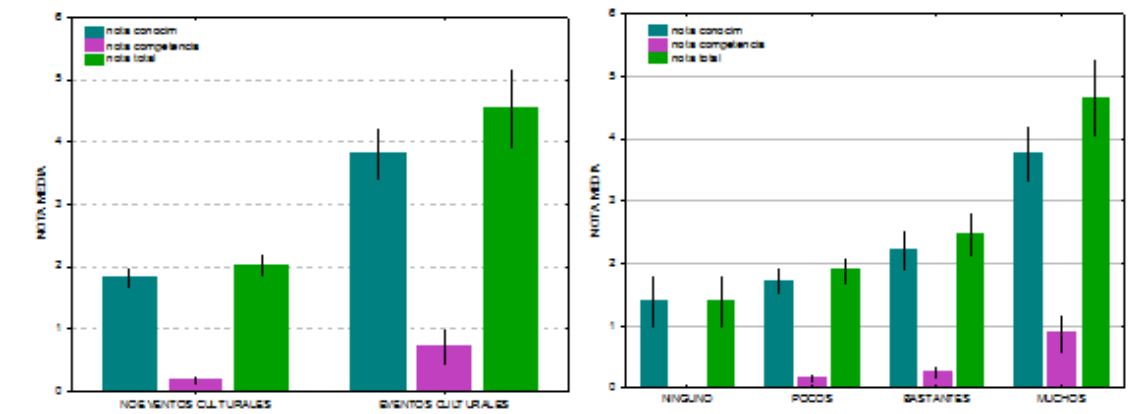


Figura 7.- Comparativa de las notas medias obtenidas por los alumnos en las pruebas de conocimientos sobre biología celular, competencia asociada y nota total (conocimientos + competencia) en función de si asisten o no a eventos culturales (gráfica izquierda) y en función del número de libros presentes en casa (gráfica derecha). Las líneas sobre las barras representan el error estándar.

Discusión

Aprendizaje y competencia científica sobre Biología celular

Los resultados de este estudio muestran una mejora tanto de conocimientos básicos sobre biología celular como de la capacidad para transferirlos a diferentes contextos (competencia) a lo largo de los cuatro cursos de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Parte de esta mejora puede deberse a que, según se progresa en los cursos, los alumnos comprenden mejor que los seres vivos están formados por células (Caballer y Giménez, 1992). Éste hecho no puede ser observado por los alumnos a simple vista y requiere de la capacidad de abstracción y asimilación que están más desarrolladas en cursos superiores (Verhoeff, Waarlo y Boersma, 2008). La célula, por tanto, parece percibirse inicialmente como algo abstracto e inconexo con los seres vivos, de manera que los alumnos hacen hincapié en los diferentes tipos de células (sobre todo animales-vegetales) y las diferentes estructuras que las forman, pero no manifiestan ningún interés por sus funciones. No es hasta tercer curso que los alumnos empiezan a representar más frecuentemente el modelo celular D (que incluye las funciones de las diferentes estructuras celulares). Todo esto sugiere que el aprendizaje estructura-función de la célula está desacoplado, de manera que los alumnos comienzan asimilando mejor la estructura y tipos de célula para más adelante encajar sus funciones. Sin embargo, debido a que estructura y función son inseparables en Biología, lo idóneo sería interiorizar ambas perspectivas simultáneamente para un aprendizaje más significativo y progresivo sobre Biología celular y sus derivadas (Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011). Quizá el sesgo hacia la identificación de estructuras venga también del condicionamiento que suponen las imágenes sobre células de los libros de texto, que representan principalmente estructuras y no funciones. En este contexto, la gran mayoría de los alumnos analizados en este estudio representaron la célula con forma redondeada, con membrana y núcleo, citando en algunas representaciones

algún orgánulo, pero no manifestando la relación entre estructura y función de las diferentes partes (Camacho et al., 2012, Justí, 2006;). Esta representación coincidiría con una célula eucariota animal, que parece estar más asimilada que la de la célula vegetal (Caballer y Giménez, 1992). Además, todas las representaciones reflejaron una perspectiva bidimensional probablemente debido a la falta de destrezas para dibujar la estructura tridimensional de la célula (Maldonado, González y Jiménez, 2007).

La capacidad para aplicar los conocimientos y resolver problemas relacionados con la biología celular (competencia) muestra una evolución favorable a lo largo de la E.S.O., pero destacan los valores extremadamente bajos en primer y segundo cursos, lo que apunta a que los conocimientos únicamente sobre estructuras que se tienen en estos primeros cursos no son suficientes para entender la biología celular y resolver situaciones relacionadas con ella (Narváez, 2012). Nuevamente se pone de manifiesto la necesidad de trabajar estructura y función de manera conjunta y progresiva para obtener un aprendizaje significativo desde el principio (Caballer y Giménez, 1993; Yus et al., 2011). Por ejemplo, si un alumno no tiene asimilada la división y proliferación celular es difícil que entienda que los huesos crecen porque están formados por células que se multiplican (Caballer y Giménez, 1992). Claramente estas carencias afectan a la competencia científica del alumno, y en general, España obtiene en la evaluación de PISA 2012 una alta proporción del alumnado con niveles bajos de competencia científica. Por tanto, habría que cuestionarse las implicaciones docentes que ello conlleva. En este sentido, nuestros resultados ponen de manifiesto el interés de indagar sobre el progreso de conocimientos y competencia a lo largo de los cuatro cursos de la E.S.O., que ofrece una información complementaria a programas como PISA, que únicamente evalúa el resultado final con el que se gradúan los estudiantes de 15 años (4 de la E.S.O.).

Efectos del contexto socio-económico y cultural de las familias

Los resultados de esta investigación muestran que algunas variables socio-económicas y culturales de las familias están relacionadas con el aprendizaje de los estudiantes de Educación Secundaria. Existen múltiples situaciones socioculturales, económicas y familiares que influyen en el aprendizaje de los alumnos, tanto en el hábito de estudio como en los resultados académicos (separaciones, desempleo, problemas médicos...). En este estudio se han analizado el nivel de estudios y la profesión de los progenitores. Es llamativo que el nivel de estudios de los progenitores tenga un efecto en los conocimientos que interiorizan los alumnos, pero no en el desarrollo de su competencia científica. Un ambiente familiar centrado en la progresión académica del alumno y cuyas referencias son las figuras paternas (e.g. "debes aprobar y estudiar una carrera universitaria") podrían favorecer el aprendizaje de conocimientos (i.e. estudiar más), pero no tanto la capacidad de razonamiento que conllevan (Armenta, Pacheco y Pineda, 2008; Nieto y Ramos, 2011). Es decir, de acuerdo con Gallardo, Mayorga y Sierra (2014), este contexto familiar podría promover las cualidades cognitivas de primer orden, como reconocer, recordar, comprender el sentido de términos y proposiciones sencillas y aplicar fórmulas o

procedimientos sencillos; mientras que las consideradas de segundo orden, como el análisis, la transferencia compleja, la evaluación y la creación, no se verían en principio favorecidas (Anderson, Krathwohl, Peter y Airasian, 2001).

Por otro lado, los resultados muestran que la cualificación profesional de los progenitores sí parece relacionarse con cualidades cognitivas de segundo orden y por tanto con la competencia científica de los alumnos, pero curiosamente no con el nivel de conocimientos sobre biología celular. Estos resultados obtenidos en alumnos de los cuatro cursos de la E.S.O., están en consonancia con los últimos resultados del informe PISA (Cordero et al., 2013; Elosúa, 2013; Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2013a y b) para alumnos de 15 años, donde se aprecia que aquellos cuyos padres tienen trabajos cualificados obtienen mejores resultados en el nivel de competencia en 4º curso de la E.S.O. (Calero et al 2010). La capacidad de razonamiento parece, por tanto, estar más relacionada con el ambiente profesional de la familia que con el nivel de estudios. Hay que destacar que, si bien hay una relación tradicional entre nivel de estudios y cualificación profesional, actualmente la crisis la ha difuminado significativamente, especialmente en aquellas familias que, teniendo estudios medios o superiores, no pueden acceder a trabajos cualificados y por tanto tienen situaciones económicas y sociales poco favorables. Con independencia de la profesión o el nivel de estudios de los padres, nuestros resultados muestran además que el nivel cultural de la familia (estimado como número de libros presentes en el hogar y asistencia a eventos culturales) también tiene un papel fundamental en el desarrollo de cualidades cognitivas de primer y segundo orden (Gallardo et al., 2014; Gómez, 1992; Ruiz de Miguel, 2001), y en algunos casos es independiente de la profesión o los estudios de los progenitores.

Implicaciones didácticas

Las representaciones de la célula en los libros de texto pueden sesgar la comprensión de la biología celular desfavoreciendo la funcionalidad en favor de la estructura (Rodríguez, 2003; Carrillo et al., 2011). Es por tanto interesante complementar estas representaciones con otros materiales, así como actividades grupales e individuales relacionadas con las TIC, como videos, aplicaciones interactivas etc., que trabajen específicamente la función celular desde los primeros cursos de la Educación Secundaria (Tapia y Arteaga, 2012). Las TIC son actualmente una herramienta de apoyo esencial para el aprendizaje (López y Morcillo, 2007), especialmente en los casos en que hay que trabajar la capacidad de abstracción, como es el caso de la Biología celular. De hecho, el último informe PISA concluye que alumnos cuyos centros cuentan con recursos de mejor calidad (ordenadores, biblioteca, laboratorios, etc.) obtienen mejores resultados de aprendizaje.

Más allá de los recursos, para mejorar el aprendizaje de la Biología celular es necesario relacionar desde el principio las células con el funcionamiento de los seres vivos de los que forman parte. Una manera interesante de hacerlo es proponer actividades que relacionen su vida cotidiana con la biología celular (Rodríguez, 2003; Muñoz y Díaz, 2009). En este sentido, y buscando un aprendizaje en términos de competencias más

efectivo y duradero, habría que plantearse un cambio en la metodología tradicional empleada. Tradicionalmente la exposición de los fundamentos básicos sobre Biología celular ocurre en una primera instancia en las clases ordinarias, que luego se suelen complementar con una serie de ejercicios para casa. Sin embargo, en cuanto a la primera exposición de los contenidos ¿por qué no invertir el orden? Se está proponiendo por ciertos autores (Herreid y Schiller, 2013; Brame, s.f) un nuevo sistema de aprendizaje denominado, "the flipped classroom" donde la primera exposición a los fundamentos se realiza fuera de clase, gracias a una serie de herramientas y recursos como videos, presentaciones, lectura de textos, etc. Es decir, las actividades de menor impacto cognitivo, las de primer orden, se realizarían fuera de clase, dejando aquellas relacionadas con el análisis, síntesis, aplicación, evaluación y creatividad, es decir las de segundo orden, para clase (Gallardo et al., 2014). De esta manera se ajustan mejor los ritmos individuales de aprendizaje y se dedica más tiempo en clase a fomentar interacciones profesor-alumno y alumno-alumno. Además, se incrementa la motivación y el interés de los alumnos, y se utilizan recursos apropiados para las generaciones del siglo XXI (Herreid y Shiller, 2013). Algunos investigadores aplican esta estrategia haciendo uso de recursos audiovisuales en soportes digitales (Alameda, 2014), que pueden no estar disponibles en todos los estratos socio-económicos de nuestro entorno. En este sentido, es importante que el profesor considere las circunstancias socio-económicas de las familias de sus alumnos.

El centro educativo, vistos los resultados de este estudio, podría hacer una serie de propuestas para tratar de paliar la desigualdad entre unas familias y otras, como por ejemplo:

a) Dentro de la acción tutorial, recabar información y plantear un estudio sociométrico a principio de curso, en el que el tutor, o en Secretaría en el caso de los alumnos de nuevo ingreso de 1º E.S.O., conociera los porcentajes de familias con un nivel u otro de estudios, así como las diferentes profesiones de los progenitores. De cara a dar más apoyo o estar más pendientes de aquellos cursos y alumnos con situaciones más desfavorecidas.

b) Dar la posibilidad de usar, fuera del horario escolar, la biblioteca del instituto o la biblioteca municipal, como recurso para buscar información, tanto en libros como en el uso de los ordenadores ya que, desgraciadamente, no todos los alumnos disponen de ellos.

c) Crear o potenciar una Escuela de Padres, donde hubiera sesiones en los que se ayudara a las familias a saber cómo desarrollar la competencia científica. Mostrarles recursos digitales, orientarles para el estudio, etc.

d) Organizar salidas extraescolares (al menos 1 o 2 en el curso) donde se potencie la competencia científica (Ej. Ciencia Divertida en el centro, visitas a museos de Ciencias y Tecnologías, visitas a laboratorios, etc.).

e) También se podrían analizar experimentalmente los beneficios de diferentes propuestas didácticas y juegos educativos que complementen los temarios de los libros, como por ejemplo el juego "Descubriendo la Célula" que permite un aprendizaje en el alumno basado en la resolución de problemas (Spiegel et al., 2008).

Conclusiones

Nuestros resultados evidencian que hay una mejora de los conocimientos y la competencia científica a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria en relación a la biología celular. Sin embargo, el rendimiento de los alumnos está significativamente condicionado por las condiciones socio-culturales de las familias de los estudiantes. Por tanto, nuestros resultados ponen de manifiesto que el contexto familiar es un pilar fundamental para la formación de los alumnos y deben buscarse nexos entre familias y centros educativos con el fin de conseguir un mejor rendimiento escolar en todos los cursos de la E.S.O. (Aguado, 2000; Gómez del Castillo, 1999; Ruiz de Miguel, 1999, 2001; Torío, 2004). Esta atención se debería realizar siempre, pero en muchas ocasiones no es posible, debido al elevado número de alumnos, entre otras causas. Son necesarios más estudios de correlación o estadísticos en centros con diferentes realidades socio-económicas para poner de manifiesto la relación entre la práctica (con toda la infraestructura e inversión de recursos que conlleva) y el rendimiento escolar en el campo de la Biología o las Ciencias Experimentales en general. Es, por tanto, responsabilidad del profesorado y la administración educativa el mejorar las condiciones para un mejor aprovechamiento pedagógico por parte de los alumnos, y para que nuestro sistema educativo sea más equitativo, en lugar de serlo cada vez menos según apunta el último informe PISA.

Referencias bibliográficas

Aguado, T. (2000). Diversidad, igualdad, cultura escolar: significado e implicaciones prácticas en la enseñanza secundaria obligatoria. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 11(20), 187-198.

Alameda, A. (2014). Metodología Flipped Classroom. Manipulación de contenidos con Ipads. *Revista Digital EducaMadrid*. VI Jornadas TIC. En: <http://www.educa2.madrid.org/web/revista-digital/vi-jornadas>

Anderson, L. W., Krathwohl D.R., Peter W. y Airasian P. W. (Eds.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Allyn & Bacon. Boston, MA (Pearson Education Group).

Ariza, D. L., Yaber, I. A., Muñiz, J. L., Hurtado, J. S., y Figueroa, R. E. (2009). Los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos de biología celular en estudiantes de ciencias de la salud. *Revista Científica Salud Uninorte*, 25(2), 220-231.

Armenta, N., Pacheco, C., y Pineda, E. (2008). Factores socioeconómicos que intervienen en el desempeño académico de los estudiantes universitarios de la facultad de ciencias humanas de la universidad autónoma de baja California. *Revista de Investigación en Psicología*, 11(1), 153-165.

Arzola, N., Muñoz, T., Rodríguez, G., y Camacho, J. (2011). Importancia de los modelos explicativos en el aprendizaje de la biología. *Revista Ciencia Escolar: enseñanza y modelización*, 1(1), 7-16.

Ausubel, D. (2002). *Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós Ibérica.

Brame, C. J. (s.f.). Flipping the Classroom. En: <http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/flipping-the-classroom/>

Caballer, M. J., y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 172-180.

Caballer, M. J., y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 63-68.

Calero, J., Choi, A., y Waisgrais, S. (2010). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España: una aproximación a través de un análisis logístico multinivel aplicado a PISA-2006. *Revista de Educación*, número extraordinario, 225-256.

Camacho, J. P., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz, T., y Rodríguez, T. (2012). Los modelos explicativos del estudiante acerca de la célula eucarionte animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 196-212.

Carrillo, L., Morales, C., Pezoa, V., y Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 29, 112-127.

Cohen, R., y Yarden, A. (2010). How the curriculum guideline "The Cell is to be studied longitudinally" is expressed in six israeli junior High School textbooks. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 276-292.

Cordero, M., Crespo, E., y Santín, D. (2010). Factors affecting educational attainment: evidence from Spanish PISA 2006 results. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 10(3), 55-76.

Cordero, M., Crespo, E., y Pedraja, F. (2013). Rendimiento educativo y determinantes según PISA: Una revisión de la literatura en España. *Revista de Educación*, 362, 273-297.

Elosúa, P. (2013). Diferencias individuales y autonómicas en el estatus socioeconómico y cultural como predictores en PISA 2009. *Revista de Educación*, 361, 646-664.

Gallardo Gil, M., Mayorga Fernández, M. J., y Sierra Nieto, J. E. (2014). La competencia de 'conocimiento e interacción con el mundo físico y natural': Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 160-180.

García, A. M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 129-134.

Gómez del Castillo, M. T. (1999). Familia y educación en valores. *Comunidad Educativa*, 262, 22-25.

Gómez, G. (1992). *Rasgos del alumno, eficiencia docente y éxito escolar*. Madrid: La Muralla.

Herreid, C. F., y Schiller N. A. (2013). Case Studies and the Flipped Classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2013a). *PISA 2012. Informe Español*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2013b). *PISA 2012. Informe Internacional*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Justi, R. (2006). La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

López, M., y Morcillo, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576.

Maldonado, F., González, F., y Jiménez, M. (2007). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(4), 442-460.

Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495.

Moreira, M. A. (2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales? *Curriculum*, 23, 9-23.

Muñoz, A., y Díaz, M. (2009). Metodología por proyectos en el área de conocimiento del medio. *Revista Docencia e Investigación*, 19, 101-126.

Narváez, J.P. (2012). *Aprendizaje significativo en el marco del origen de la célula eucariota*. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/8308/1/59823160.2012.pdf>.

Nieto, S. y Ramos, R. (2011). ¿La sobreeducación de los padres afecta al rendimiento académico de sus hijos? *Regional and Sectoral Economic Studies*, 11(3), 97-118.

Perelman, S., y Santin, D. (2010). Measuring educational efficiency at student level with parametric stochastic distance functions: an application to Spanish PISA results. *Education Economics*, 19(1), 29-49.

Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, *Boletín Oficial del Estado*, 5 de enero de 2007, 5, 677-773.

Reyes, J., y González, M. (2006). Consideraciones acerca de un modelo integrado de la educación en ciencias y perspectivas de cualificación. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 730-733.

Rivera, D. A. (2011). *Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología*. Tesis doctoral. Universidad del Valle, Santiago de Cali. Disponible en bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3894/4/CB-0449828.pdf.

Rodríguez, M. L. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(3), 237-263.

Rodríguez, M. L. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação, 9*(2), 229-246.

Rodríguez, M. y Moreira, M. (2002). Modelos mentales Vs Esquemas de la Célula. *Investigações em Ensino de Ciências, 7*(1), 77-103.

Ruiz de Miguel, C. (1999). La familia y su implicación en el desarrollo infantil. *Revista Complutense de Educación, 10*(1), 289-304.

Ruiz de Miguel, C. (2001). Factores familiares vinculados al bajo rendimiento. *Revista Complutense de Educación, 12*(1), 81-113.

Spiegel, C., Alves, G., Cardona, T., Melim, L., Luz, M., Araújo, T. y Henriques, A. (2008). Discovering the cell: an educational game about cell and molecular biology. *Journal of Biological Education, 43*(1), 27-35.

Tapia, F. y Arteaga, Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias, 30*(3), 281-294.

Torío, S. (2004). Familia, Escuela y Sociedad. *Aula Abierta, 83*, 35-52.

Torotikaguena, L. (2013). *Los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado de ciencias en el ámbito de la enseñanza de la biología celular. Propuestas alternativas para el cambio conceptual.* Disponible en addi.ehu.es/bitstream/10810/10625/1/GRAL.LideTotorikaguena.pdf.

Verhoeff, R., Waarlo, A. J. y Boersma, K. T. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education, 30*(4), 543-568.

Yus, R., Fernández, M., Gallardo, M., Barquín, J., Sepúlveda, M. P. y Serván, M. J. (2011). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación, 360*, 557-767.

Anexo I.- Cuestionario sobre el conocimiento sobre biología celular y competencia científica

CÓDIGO: CURSO:

1. Señala con una "X" los dibujos que consideres que son seres vivos:



2. ¿Qué características comunes tienen todos los que señalaste con una "X"?
3. ¿Qué crees que es una célula?
4. ¿Qué forma o aspecto crees que tienen las células? (puedes ayudarte poniendo un ejemplo)
5. ¿Qué tipos diferentes de células conoces?
6. Contesta si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y explica por qué.
Las células respiran:
Las células se alimentan:
Las células se reproducen:
7. Realiza un dibujo de una célula donde se muestren sus diferentes partes y la función que tienen.
8. A veces nos arrancamos trozos de piel (cuando nos quemamos por el sol o cuando nos cortamos la cutícula de las uñas...). Si pudiéramos observar algunos de estos fragmentos al microscopio, ¿qué veríamos?
9. Algunas plantas como los geranios se plantan en los jardines mediante trozos de tallos que se ponen en el suelo. ¿Cómo es posible que, a partir de esos trozos constituyentes, vuelva a desarrollarse un geranio entero?
10. Cuando los niños y las niñas son pequeños, sus huesos son de pequeño tamaño. A medida que se hacen mayores, los huesos van creciendo. Explica cómo es el mecanismo del crecimiento de los huesos.

Anexo II.- Cuestionario sobre las variables socio-económicas y culturales

CÓDIGO: CURSO:

1. Estudios del padre y de la madre:
 - a. Educación Primaria incompleta
 - b. Educación Primaria completa
 - c. Educación Secundaria incompleta
 - d. Educación Secundaria completa
 - e. Estudios superiores no universitarios
 - f. Estudios superiores universitarios
 - g. Postgrado
2. Profesión del padre y de la madre:
3. Número de hermanos:
 - a. Hermanos mayores que tienen el graduado:
 - b. Hermanos mayores que tiene estudios superiores:
4. Marcar con una x:
 - a. Vivienda en propiedad
 - b. Vivienda en alquiler
 - c. Viviendo con algún familiar
 - d. Vivienda ilegal
5. Número de libros en casa (ninguno, pocos, bastantes, muchos)
6. Número de veces al mes que asistes al teatro/cine/museos (sin que se vaya con el colegio)