

Influencia de la inteligencia y la metodología de enseñanza en la resolución de problemas de Física

DAVID MÉNDEZ COCA*

Dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física, la metodología de enseñanza es un aspecto clave para facilitar el aprendizaje; la inteligencia, por su parte, es una cualidad de los estudiantes que puede tener influencia en el aprendizaje de esa disciplina. Se explicaron a tres grupos de estudiantes de 14 años los contenidos de termodinámica de formas diferentes: uno con la metodología tradicional, otro a través de aprendizaje cooperativo y otro mediante enseñanza expositiva por medio de las nuevas tecnologías. Se midieron las inteligencias general, lógico-matemática, verbal y espacial mediante un test. La ganancia de aprendizaje en problemas de Física se observó por medio de un diseño pretest y postest. Se encontró que la inteligencia y la metodología seguida en clase influyen de forma considerable en la resolución de los problemas de Física.

Within the process of teaching and learning Physics, the methodology of the teaching is key to facilitating learning; intelligence, for its part, is a quality of each student and, as such, influences the teaching of this discipline. Three (14-year-old) student groups were explained the concepts of thermodynamics using three different methodologies: one using traditional methodology, another by way of cooperative learning, and the third group using the expository methodology through the use of new technologies. Measurements were taken regarding general intelligence and logical-mathematical intelligence, along with verbal and spatial intelligence, through the use of an examination. The learning functionality regarding Physics problems was observed by the use of both pretest and posttest evaluations. It was found that the level of intelligence and the methodology used in the classroom environment significantly influenced the resolution of the Physics problems in question.

Palabras clave:

Aprendizaje
Problemas
Inteligencia
Aprendizaje cooperativo
TIC
Metodología tradicional

Keywords

Learning
Problems
Intelligence
Cooperative learning
ICT
Traditional methodology

Recepción: 1 de enero 2013 | Aceptación: 6 de marzo de 2013

* Profesor del Centro Universitario Villanueva. Director del Máster de Formación del Profesorado. Líneas de investigación: didáctica de la Física, uso de las nuevas tecnologías. Publicaciones recientes: (2013, en coautoría con J. Slisko), "Software Socrative and Smartphones as Tools for Implementation of Basic Processes of Active Physics Learning in Classroom: An initial feasibility study with prospective teachers", *European Journal of Physics Education*, vol. 4, núm. 2, pp. 17-24; (2013), "The Influence of Teaching Methodologies in the Learning of Thermodynamics in Secondary Education", *Journal of Baltic Science Education*, vol. 12, núm. 1, pp. 59-72. CE: dmendez@villanueva.edu

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de Física se está realizando un esfuerzo por descubrir, diseñar e incluir nuevas metodologías en el aula; de hecho, algunas investigaciones en este campo han dado muy buenos resultados al aplicarse en los primeros años universitarios (Crouch y Mazur, 2001; Cooper, 2004; McDermott *et al.*, 2000); además, los investigadores han realizado revisiones teóricas sobre las diferentes estrategias que se están aplicando, cuyo fin es mejorar el aprendizaje de los alumnos (Jiménez Aleixandre, 2000; Marotta y Hargis, 2011; Meltzer y Thornton, 2012). Otro campo que también se desarrolla es el que corresponde a la medición del efecto motivacional causado por estas metodologías en los estudiantes (Méndez, 2012a; Méndez, 2012b; Hänze y Berger, 2007; Harskamp y Ding, 2006). Existe, por tanto, una amplia bibliografía, sin embargo, si fuéramos por los distintos centros escolares en los cuales la sociedad está educando a los ciudadanos para el futuro, nos encontraríamos, en la mayoría de los casos, con que la metodología que se utiliza con mayor frecuencia es la tradicional (Flores *et al.*, 2003).

Entre las nuevas metodologías de enseñanza, el aprendizaje cooperativo ocupa un lugar importante; de hecho, se propone actualmente como solución a muchos de los problemas que la sociedad tiene que afrontar desde la educación (Eurydice, 2011). En el caso de la enseñanza de Física, los datos reflejan hoy día que los estudiantes tienen menos interés por esta disciplina que por la educación física, la tecnología, la educación plástica, el inglés, las matemáticas y las ciencias sociales; de hecho, en este estudio se llega a afirmar que “la Física, la Química, la Biología y la Geología son aburridas para el alumno, difíciles y excesivamente teóricas” (Solbes, 2011: 60). En la Unión Europea (UE), los alumnos “tienen una actitud positiva frente a la biología en un 57 por ciento de los casos, 55 por ciento en el caso de las ciencias de la tierra, 42 por ciento hacia

la Química y 38 por ciento hacia la Física” (Eurydice, 2011: 22).

Dentro de las instituciones educativas estatales, otra de las medidas que se está llevando a cabo es la integración de las nuevas tecnologías en el aula (TIC). Cada vez son más los cursos *online* que se imparten; y en la investigación se hacen estudios para ver el modo en el que la integración de estas tecnologías en el aula facilitan el aprendizaje de los alumnos y fomentan la motivación (Méndez, 2012a). No obstante, estas herramientas aún no son empleadas con gran asiduidad en el aula (Clares y Gil, 2008).

A la hora de fijar la atención en el aprendizaje, además de incidir en la metodología y en las herramientas a emplear en el aula, habría que atender a cada estudiante personalmente. Las características de cada persona son muy numerosas y, de éstas, las que influyen en el aprendizaje son menos pero también demasiado abundantes como para aglutinarlas en un único estudio; en este caso, por lo tanto, nos centraremos en una, la inteligencia.

El objeto de nuestro estudio se centra en observar la influencia de dos factores en el aprendizaje de los alumnos: la metodología de enseñanza seguida en el aula y la inteligencia de los estudiantes.

LA INTELIGENCIA Y LAS INTELIGENCIAS MÚLTIPLES

En la inteligencia existen diversas facetas; es una capacidad ampliamente estudiada que se considera compartimentada (Barkow *et al.*, 1992; Fodor, 1983; Gardner, 1983; Norman, 1973). De hecho, actualmente no se habla de *una* inteligencia, sino de *diferentes* inteligencias.

Gardner (1983) define la inteligencia como la capacidad para resolver problemas o elaborar productos valiosos en un contexto cultural o en una comunidad determinada. Esta definición la refina y llega a vincularla con la capacidad para resolver problemas o crear productos (Gardner, 1993; 1999). En consecuencia,

la inteligencia podría tener una cierta correlación con la resolución de problemas; en el presente artículo, problemas de Física.

En cuanto a la distinción entre unas inteligencias y otras, este autor establece una serie de criterios:

Cuadro 1. Criterios de una auténtica inteligencia

Criterio	Explicación
Posible aislamiento por daño cerebral	Si una facultad queda afectada y las demás no, dicha facultad es autónoma.
Existencia de personas excepcionales	Personas que son muy capaces en algún aspecto, pero en otros no.
Operación modular	Conjunto de operaciones que manejan determinados tipos de entrada.
Historia de desarrollo	Una inteligencia debiera tener una historia identificable.
Historia evolucionista	Una inteligencia de la que se puede conocer la evolución.
Tareas psicológicas experimentales	La Psicología puede estudiar detalles de una inteligencia específica.
Hallazgos psicométricos	Pruebas que reflejan el mismo factor subyacente.
Posibilidad de codificación por símbolos	La comunicación del conocimiento sucede a través de sistemas simbólicos.

Fuente: elaboración propia a partir de Gardner, 1983.

A partir de estas características se definen ocho inteligencias debido a que la inteligencia personal se desdobra en dos: la interpersonal y

la intrapersonal. Las inteligencias y su explicación se recogen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Las ocho inteligencias y su concepto

Inteligencia	Explicación
Lingüístico-verbal	La habilidad de hablar, procesar un mensaje, codificarlo por el lenguaje; el uso de idiomas.
Lógico-matemática	La capacidad para razonar de forma lógica y solucionar problemas. Relacionada con los números, tiempo, espacio y causalidad.
Musical	La relacionada con las dotes musicales.
Espacial	Ligada al mundo concreto, al mundo de los objetos y su ubicación. Relacionada con las imágenes.
Cinético-corporal	Relacionada con habilidades como la mímica, actuación, baile, deporte e invención de objetos.
Personales	Capacidad de las personas para fijarse en cualidades psicológicas de los demás (interpersonal) y la capacidad de conocerse (intrapersonal).
Naturalista	La que reconoce y clasifica las numerosas especies, la flora y la fauna de su entorno.

Fuente: elaboración propia a partir de Gardner, 1983.

Aparte de estas inteligencias, se han realizado estudios a partir de los cuales se ha llegado a la determinación de más inteligencias

(Neto *et al.*, 2009). Para identificar estas inteligencias se han llevado a cabo numerosas investigaciones para validar diversos test

(Furnham, 2009); si estas inteligencias están bien medidas, esto puede servir para que los profesores tengan un mayor conocimiento de las capacidades de los alumnos y, en consecuencia, una mayor eficacia al desarrollar las estrategias de enseñanza (Campbell, 1997). De esta forma el profesorado tendría otra herramienta que le ayudaría a mostrar lo mejor posible sus conocimientos (Stanford, 2003).

Además, se han realizado algunas investigaciones con la ayuda de la teoría de las inteligencias múltiples para tratar de adaptar el material educativo a la inteligencia de cada estudiante por medio de la tecnología, y también se ha estudiado de forma cualitativa el modo de aprender de cada uno (Jameson, 2003; Graff, 2003; Kelly, 2008). Incluso, en algún caso se ha realizado el estudio de forma cuantitativa, comparando dos metodologías en matemáticas (Douglas *et al.*, 2008).

Dado el gran número de inteligencias, y que lo que se estudia son los problemas de Física, nos hemos centrado en la inteligencia general (la inteligencia que tiene el estudiante como promedio de todas las inteligencias medidas); la inteligencia lógico-matemática y espacial, que son dos cualidades interesantes a la hora de resolver un problema de Física; y la inteligencia verbal, importante para entender el enunciado de un problema.

La inteligencia lingüística-verbal es la capacidad preeminente de la inteligencia humana. Ésta puede ser la que cumpla todos los criterios de forma más clara. Es universal en el género humano aun cuando se tengan ciertas deficiencias, como la sordera. Su campo se extiende desde la semántica, la fonología y la sintaxis hasta el habla poética, lírica, etc. Estos procesos se verifican en el córtex temporal del hemisferio izquierdo, salvo los usos del lenguaje, que se encuentran en el hemisferio derecho. En cuanto a la habilidad de procesar los mensajes, esto parece depender del lóbulo temporal del hemisferio izquierdo en los

diestros. Existen también diferentes afasias, que son trastornos en la capacidad de hablar o de comprender de forma parcial o total.

La inteligencia lógico-matemática es la más estudiada, junto con la anterior. Se centra en la capacidad de razonar de forma lógica y solucionar problemas. Comprende un conjunto de competencias interrelacionadas que son números, matemáticas, lógica y ciencia, además de las operaciones relacionadas con los números, tiempo, espacio y causalidad. En torno a los 18 meses el niño puede apreciar este mundo en una estructura espacio-temporal. Existe una gran interrelación entre Matemáticas y ciencia. La Química y la Física explican el cambio, pero para ello necesitan de la ayuda del cálculo. Estas habilidades numéricas se encuentran en el hemisferio derecho, no obstante, la capacidad de leer y producir signos matemáticos es una habilidad del hemisferio izquierdo. Existen personas con deterioro aislado para aprender aritmética, como son los afectados por el síndrome de Gerstmann y, por otro lado, también están los niños prodigio.

La inteligencia espacial tiene como función básica la habilidad de percibir una forma u objeto. Sirve también para realizar transformaciones y modificaciones a las percepciones iniciales y para recrear aspectos de la experiencia visual propia. Se refiere a la imaginación mental, a la habilidad para fijarse en los detalles de un elemento. Una persona que tenga esta capacidad muy desarrollada tendrá un gran dominio espacial. Está relacionada con la capacidad visual. Parece ser que esta inteligencia reside en las regiones temporales inferiores del cerebro (profundidad, color, tamaño y forma). Mientras el lóbulo frontal se preocupa de la ubicación espacial, el lóbulo parietal y las porciones posteriores de la mitad derecha del cerebro tienen responsabilidad en actividades como situarse, reconocer objetos y observar detalles (Blakemore y Frith, 2007; Gardner, 1993; 1999).

LAS TIC EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE CIENCIAS

En las investigaciones sobre TIC suele resaltar la estimable ayuda que éstas prestan a los estudiantes porque aumentan su motivación, muestran numerosas experiencias interactivas, suministran herramientas para autoevaluarse y facilitan la comunicación y la cooperación, favoreciendo así el aprendizaje personal (Reimann y Goodyear, 2004). En relación con las ciencias, las TIC facilitan su aprendizaje, posibilitan a los alumnos la superación de concepciones alternativas, aumentan la autonomía de los alumnos, proporcionan conjuntos de datos y presentaciones, permiten relacionar más fácilmente lo aprendido con la vida real y mejoran las habilidades de resolución de problemas y ejercicios (Egariwe *et al.*, 2000; Webb, 2005).

A pesar de las mencionadas ventajas que ofrecen las TIC, todavía no se emplean con la debida frecuencia (Clares y Gil, 2008), debido a “la complejidad del proceso de uso e integración de los ordenadores en los sistemas escolares, sometido a tensiones y presiones procedentes de múltiples instancias” (Area, 2010: 80). Sin embargo, la integración de las TIC se está evaluando favorablemente en diversos países, no sólo en la clase de ciencias sino también en Matemáticas en el nivel de secundaria (Perkins, 2011; Howie y Blignaut, 2009). En el estudio de la termodinámica se han empleado diferentes herramientas tecnológicas, por ejemplo el LabView, que mejora el aprendizaje de los estudiantes (Quiñonez *et al.*, 2006) y la utilización de videos (Lee y Sharma, 2008); además, está tomando cada vez mayor importancia el desarrollo de unidades didácticas a través de simulaciones, programas y laboratorios virtuales (Méndez, 2013a; Al-Daihani, 2011; Donnelly *et al.*, 2011; Sandoval, 2011; Rodríguez-Llerena y Llovera-González, 2010).

EL PROCEDIMIENTO COOPERATIVO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE CIENCIAS

En referencia al aprendizaje cooperativo, se han de considerar algunos conocimientos y características interesantes para la organización de los grupos formales —grupos que permanecen durante varias clases— donde los alumnos se preocupan tanto de su aprendizaje como del de sus compañeros. Se podrían resaltar cinco rasgos (Bará *et al.*, 2005; Velázquez, 2010):

- Interdependencia positiva: un estudiante piensa que no puede tener éxito si los restantes componentes del grupo no lo logran y viceversa.
- Interacción positiva: los estudiantes se explican mutuamente los conceptos y el modo de resolver problemas.
- Exigibilidad individual/responsabilidad personal: el profesor ha de asegurarse de que se evalúen los resultados de cada estudiante.
- Habilidades cooperativas para el funcionamiento efectivo del grupo: capacidad de liderazgo, de tomar decisiones y de generar confianza.
- Autoanálisis del grupo: discusión dentro del grupo para saber en qué grado se están logrando los objetivos.

Diversas investigaciones sobre el aprendizaje cooperativo han mostrado su eficacia y sus ventajas en el aula (Johnson y Johnson, 1999), “sin embargo, el uso del aprendizaje cooperativo brilla por su ausencia en las aulas” (León *et al.*, 2011: 725), aunque se han realizado algunas investigaciones respecto de su aplicación en enseñanza de la lengua (Ábalo, 1998), de las matemáticas (Gavilán, 1997) y en la enseñanza del sistema fiscal español (Alarcón, 2009).

En el área de las ciencias, el aprendizaje cooperativo se ha utilizado con el fin de facilitar el aprendizaje de la Física (Méndez, 2012c; Méndez, 2013b); se ha aplicado al diseño de clases basadas en investigaciones (Bell *et al.*, 2010), al estudio del magnetismo (Tanel y Erol, 2008), y la misma estrategia se usó en el aprendizaje individual para resolver problemas de Física (Harskamp y Ding, 2006).

¿POR QUÉ NOS DETENEMOS EN LOS PROBLEMAS DE FÍSICA?

A la hora de indagar acerca del aprendizaje logrado por los alumnos se distingue entre cuestiones teóricas —definiciones, conceptualizaciones— y cuestiones prácticas.

En cuanto a las cuestiones prácticas, algunos autores, entre otros Pozo y Gómez Crespo (1998), distinguen entre ejercicios y problemas. Los primeros son de aplicación directa de fórmulas y sustitución de datos, mientras que los problemas pueden incluir diferentes razonamientos. Otros autores, como Caballer y Oñorbe (1997), distinguen entre problemas-cuestiones y problemas-ejercicios: los primeros serían problemas de razonamiento más cualitativo, y los segundos, de razonamiento más numérico.

Dejados de lado los ejercicios, existe otra subdivisión dentro de los problemas: problemas cualitativos y problemas cuantitativos. Las diferencias entre éstos se pueden observar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Diferencias entre problemas cualitativos y cuantitativos

	Problemas cualitativos	Problemas cuantitativos
Ventajas	Trabaja bien conceptos. Introducen en la reflexión. Ayuda a conocer ideas de otros. Alto valor formativo.	Medio para entrenarse en habilidades matemáticas.
Inconvenientes	Los derivados de manejos de grupos. Problemas muy abiertos con enunciados ambiguos.	Son actividades cerradas. Se superponen el problema matemático y el científico.
Dificultades	Para expresar ideas. Contestan sin razonar. Las del trabajo de las ideas previas.	Dificultades matemáticas. Dificultades asociadas a la estrategia de resolución. Dificultades para entender bien el enunciado.
Sugerencias	Fomentar que busquen nuevas ideas. Elegir situaciones cotidianas. Fomentar la discusión. Ayudar al alumno de forma graduada. Definir objetivos. Fomentar la diversidad de niveles de respuesta.	Abrir más las actividades. Ayudar a distinguir entre solución científica y matemática. Graduar las distintas dificultades. Fomentar la reflexión sobre la estrategia seguida. Fomentar el trabajo de interpretación de datos.

Fuente: elaboración propia a partir de Pozo y Gómez Crespo, 1998.

Como puede verse, existen diferencias notables entre unos y otros. Dentro de las cuestiones que se pueden presentar en una prueba de conocimientos, la literatura científica da mayor importancia al aspecto de los problemas; incluso se puede llegar a leer que “para que un aprendizaje tenga sentido, debe partir

de un problema de algo que no se conozca y se quiera saber” (Sanmartí, 2002: 257).

Por estas razones se puede afirmar que los problemas son una parte muy importante del aprendizaje de los estudiantes; es por ello que nos centraremos en esta parte en el estudio.

METODOLOGÍA

La metodología de la investigación tiene un enfoque cuantitativo: estudia la influencia de diversas metodologías de enseñanza y de la inteligencia de los estudiantes en el aprendizaje. Los contenidos de aprendizaje a los que se refiere el estudio son densidad, presión, volumen, temperatura y calor, y se podrían enmarcar en el área de la termodinámica, dentro de la Física. Éstos son los contenidos incluidos en el currículo de la asignatura de Física y Química, que es obligatoria para todos los estudiantes de 14 y 15 años en España. El mismo profesor ha explicado los conceptos citados anteriormente a tres grupos de estudiantes, siguiendo en cada caso una metodología de enseñanza distinta: un grupo la enseñanza tradicional, otro el aprendizaje cooperativo y otro la metodología expositiva por medio de las tecnologías en el aula.

El estudio del aprendizaje de estos contenidos se inició con un pretest y terminó con un postest; las dos pruebas fueron iguales, de tal forma que se pudiera ver la ganancia por la fórmula de Hake (1998):

$$g = \frac{s_{post} - s_{pret}}{100 - s_{pret}}$$

En donde g es la ganancia de aprendizaje, s_{post} es el porcentaje de respuestas correctas logradas en el postest, y s_{pret} es el porcentaje de respuestas correctas logradas en el pretest. Los resultados los presentaremos sobre 100.

OBJETIVOS

Los objetivos que nos propusimos verificar para el estudio de los problemas fueron los siguientes:

1. Observar la importancia de la inteligencia, ya sea verbal, lógico-matemática o espacial, para el aprendizaje; si es así, debería haber una correlación

entre los resultados de aprendizaje y los test de inteligencia.

2. Comprobar que las metodologías disminuyen las diferencias entre los alumnos más destacados intelectualmente y los menos destacados.
3. Conocer cuál de las inteligencias estudiadas —verbal, lógico-matemática y espacial— tiene mayor influencia en el aprendizaje de la Física.

INSTRUMENTOS Y MUESTRA

Previo a la experiencia, y después de ésta, se aplicó un test (pretest y postest) que permitió calcular la fiabilidad según el alpha de Cronbach. El resultado fue de 0.71. Al ser una prueba de rendimiento con preguntas abiertas, estos valores aseguran la fiabilidad del instrumento (Thorndike, 1989; Magnusson, 1982). También fue validado por tres profesores del centro, tres profesores universitarios de ciencias físicas y tres profesores universitarios de educación. Estos profesores calificaron las preguntas mediante una escala Likert de 1 a 5 y se eligieron las que tenían un promedio superior a 4. Al final, el test quedó integrado por diez problemas.

Los test de inteligencia BTDA-2, que comprenden una amplia batería, son aquéllos que se utilizan asiduamente en los centros escolares para medir la inteligencia de los adolescentes. Los test tienen una fiabilidad 0.90. Con estos test se trató de definir la inteligencia general, la inteligencia lógico-matemática, la inteligencia verbal y la inteligencia espacial de los estudiantes. La escala de los test es de 1 a 99, siendo 1 el menos dotado y 99 el más dotado. A la hora de mostrar los resultados dividiremos a los alumnos en tres grupos: los intelectualmente más dotados, los menos dotados y los que están entre estos dos grupos. Al primer grupo lo llamaremos “grupo A”, con inteligencia por encima de 66; el segundo será el “grupo B”, de capacidades intermedias, con un valor de inteligencia en el test de entre 33 y

66; y el grupo de los alumnos que tienen menor puntuación será el “grupo C”, con valor de inteligencia en el test por debajo de 33.

Los sujetos que participaron son alumnos de 14 y 15 años de edad que cursan la asignatura de Física y Química, que como hemos dicho, es obligatoria. Estos alumnos se dividieron en tres grupos, conformados por el centro escolar dos años antes de la investigación, con el fin de que fueran lo más homogéneos posibles. De esta forma, tenemos un grupo de 29 alumnos, otro de 28 y un tercero de 25. Estos son los grupos que se tomaron para la investigación y no se modificaron a lo largo del estudio.

PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a los medios de los que se disponía en el aula, y dado que las metodologías expositiva y cooperativa se habían diseñado para que el profesor se ayudara de un proyector, un ordenador y conexión a Internet, el aula del grupo tradicional no disponía de estos medios. El profesor de esta aula siguió el libro de texto, preguntó asiduamente si existían dudas y las resolvió. No se buscaban clases participativas, únicamente los alumnos leían el libro en voz alta y por turnos que establecía el profesor. Además, los ejercicios resueltos en clase fueron realizados sólo por el profesor en la pizarra.

Otro grupo empleó las tecnologías para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. El modelo de enseñanza fue el expositivo. Se partió de las ideas previas de los alumnos por medio de un test al efecto que se realizó al principio de la investigación. El profesor desarrolló las explicaciones con la ayuda de páginas de Internet, videos y presentaciones en Power Point.

El otro grupo siguió el aprendizaje cooperativo. En este caso los alumnos estaban organizados en grupos de tres o cuatro alumnos; cada grupo siempre contaba con un alumno del tercio superior de la clase y otro del tercio

inferior, según las calificaciones finales del curso pasado. El profesor explicaba hasta por 15 minutos al inicio de la clase; en ocasiones hizo uso de alguna animación recogida en Internet para la explicación y posteriormente repartía el material a los estudiantes. El resto de la clase era trabajo en grupo que realizaban los estudiantes y el profesor iba de grupo en grupo resolviendo dudas y observando el trabajo que iban realizando.

Se prepararon los materiales para enseñar los contenidos y el test de conocimientos; como ya hemos visto, dicho test pasó por una serie de análisis hasta llegar a su forma final. Se decidieron las metodologías de enseñanza que se iban a seguir en cada grupo. Para aplicar el aprendizaje cooperativo y la enseñanza expositiva por medio de las TIC se necesitaba que el aula contara con medios audiovisuales, como ya hemos comentado. Éste fue el criterio principal. Para estos dos grupos se decidió por azar cuál sería el que seguiría el aprendizaje cooperativo y cuál el que emplearía medios audiovisuales.

La experiencia comenzó con la aplicación del test de inteligencia y el test de conocimientos. Posteriormente, durante ocho semanas se explicaron los contenidos de termodinámica. Las clases eran de una hora. Al final se aplicó el test de conocimientos para calcular la ganancia de aprendizaje.

RESULTADOS

Buscamos verificar la primera hipótesis: la correlación entre aprendizaje e inteligencia. Con este fin, calculamos la ganancia de aprendizaje de los estudiantes de cada grupo según la inteligencia. También dividimos el estudio según los tipos de inteligencia para identificar la existencia de alguna diferencia.

En la Tabla 1 se recogen los resultados de todos los alumnos por puntuación en el test de inteligencia, independientemente de la metodología de enseñanza que hubieran seguido en clase a la hora de estudiar los contenidos.

Tabla 1. Ganancia de aprendizaje según las diferentes inteligencias, dividiendo a los alumnos en grupos dependiendo de sus capacidades

	General (porcentaje)	Verbal (porcentaje)	Lógico-matemático (porcentaje)	Espacial (porcentaje)
Grupo A	43.8±15.4	41.3±16.3	46.3±16.4	41.3±16.3
Grupo B	36.9±14.5	35.7±15.5	34.5±15.3	34.5±15.3
Grupo C	25.0±12.4	25.0±12.4	25.0±12.4	27.3±13.5

Los alumnos del grupo A, que son los de mayor puntuación en el test de inteligencia, lograron una ganancia de aprendizaje mayor; los del grupo C, que son los de menor puntuación en el test de inteligencia, tuvieron el menor progreso en el aprendizaje de los contenidos de Física; y los del grupo B están entre el A y el C.

Mostraremos los resultados según la metodología de enseñanza empleada en el aula para ver cuál es la correlación entre la inteligencia y el aprendizaje en cada grupo (Tablas 2, 3 y 4). En la Tabla 2 se recogen los resultados del grupo de estudiantes que siguieron la metodología tradicional:

Tabla 2. Ganancia de aprendizaje según las diferentes inteligencias, dividiendo a los alumnos en grupos dependiendo de sus capacidades. Grupo que siguió la metodología tradicional

	General (porcentaje)	Verbal (porcentaje)	Lógico-matemática (porcentaje)	Espacial (porcentaje)
Grupo A	37.5±15.1	31.3±14.1	38.9±11.4	33.8±10.3
Grupo B	25.0±12.5	28.7±10.5	26.2±10.2	25.0±8.7
Grupo C	25.0±12.5	26.1±8.7	14.8±6.4	27.3±9.5

Como puede verse, los alumnos del grupo A lograron mejores resultados, seguidos de los del grupo B, salvo en el caso de la inteligencia espacial; cuando dividimos los resultados de los estudiantes según esta capacidad, los del grupo C aventajaron a los del grupo B.

En cuanto a la diferencia entre los grupos, la mayor se registra respecto de la inteligencia lógico-matemática. La diferencia menor se encuentra en el caso de la inteligencia verbal.

Los resultados del grupo que siguió el aprendizaje cooperativo se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Ganancia de aprendizaje según las diferentes inteligencias, agrupando a los alumnos dependiendo de sus capacidades. Grupo que siguió el aprendizaje cooperativo

	General (porcentaje)	Verbal (porcentaje)	Lógico-matemática (porcentaje)	Espacial (porcentaje)
Grupo A	56.3±11.4	55.0±11.5	58.8±13.4	52.5±13.1
Grupo B	48.8±9.5	45.2±11.2	42.9±12.3	46.4±10.2
Grupo C	26.1±8.5	24.1±8.7	26.1±5.4	27.3±9.5

Los del grupo A consiguen mejores resultados de forma muy clara; el segundo es el grupo B y el tercero el grupo C. En cuanto a la capacidad que marca las diferencias más claramente, en este caso son la inteligencia verbal

y la lógico-matemática. La que menos es la inteligencia espacial.

Los estudiantes del grupo TIC lograron los resultados que se reflejan en la Tabla 4:

Tabla 4. Ganancia de aprendizaje según las diferentes inteligencias, agrupando a los alumnos dependiendo de sus capacidades. Grupo que siguió la metodología expositiva por medio de TIC

	General (porcentaje)	Verbal (porcentaje)	Lógico-matemática (porcentaje)	Espacial (porcentaje)
Grupo A	38.8±12.1	33.8±14.7	58.8±11.2	38.8±10.2
Grupo B	28.6±10.3	27.4±9.1	42.8±9.3	29.8±9.5
Grupo C	23.9±7.5	31.8±9.6	26.1±6.2	27.3±5.5

En el caso del método expositivo por medio de TIC, el grupo A consiguió mejores resultados; el segundo fue el grupo B, salvo en el caso de la inteligencia verbal, respecto de la cual el grupo C es el segundo.

Las diferencias son más amplias en el caso de la inteligencia lógico-matemática y son menores en el caso de la inteligencia verbal; de hecho, en esta última son muy pequeñas.

Para determinar si los resultados de aprendizaje tienen diferencias significativas se utilizó un análisis de chi-cuadrado (χ^2). Al realizar este análisis tomamos como valor esperado el que han tenido los del grupo tradicional; en el caso de la comparación entre aprendizaje con TIC y cooperativo planteamos como resultados de referencia los del grupo TIC.

Tabla 5. Valores de χ^2 al comparar las ganancias entre los alumnos divididos según las metodologías y la inteligencia

	Tradicional-cooperativo	Tradicional-TIC	TIC-cooperativo
Grupo A	47.896	11.164	26.027
Grupo B	61.107	12.016	35.078
Grupo C	11.779	9.921	6.997

Como se puede ver en la Tabla 5, las diferencias son significativas cuando se comparan los resultados de los grupos A que han seguido la metodología tradicional y la enseñanza expositiva por medio de las nuevas tecnologías, con el de aprendizaje cooperativo; lo mismo sucede al comparar los resultados de los grupos B. En los casos de la enseñanza expositiva y la metodología tradicional, las diferencias entre ellos son claras, pero son menores que

las que se observan con respecto al aprendizaje cooperativo.

A la vista de estos resultados, sabiendo que el valor de la χ^2 para una probabilidad del 1 por ciento es 9.348, las diferencias debido a las metodologías son claramente significativas; sin embargo, como se puede observar, son muy significativas en el caso de los grupos A y B, los de mayor puntuación en el test de inteligencia, pero no tanto en el caso de los

estudiantes de menor puntuación. Esto es, las metodologías amplían las diferencias entre los más y los menos dotados porque los primeros logran un aprendizaje mucho mayor. Únicamente hay diferencias significativas al comparar los alumnos menos dotados entre los que han seguido la metodología tradicional y el aprendizaje cooperativo.

Si ahora analizamos las diferencias según las inteligencias, se puede observar que la inteligencia lógico-matemática muestra diferencias mayores a las definidas por la inteligencia verbal y la espacial, en líneas generales, independientemente de la metodología empleada en el aula.

Los resultados del grupo tradicional y del grupo TIC son similares, salvo en el caso de la inteligencia lógico-matemática, en el que la diferencia es muy significativa; en cambio, en el caso del grupo cooperativo y el grupo TIC, pasa al revés. Por tanto, el efecto de la enseñanza ha sido similar en estos dos grupos, si dividimos a los estudiantes según la inteligencia lógico-matemática.

DISCUSIÓN

A la hora de enseñar se observa que existen muy diversos parámetros que influyen en el aprendizaje, por tanto, la máxima de “si estudia conseguirá buenos resultados”, en algunos casos no se puede afirmar de una forma tan taxativa. El proceso de enseñanza y aprendizaje es un proceso muy complejo que engloba diferentes factores (Zabalza, 1990; Marqués, 2001; Sánchez Huete, 2008).

En esta investigación esto queda de manifiesto en el caso de las ciencias, donde la inteligencia aparece como un factor interesante de cara al aprendizaje de los estudiantes; de hecho, los más inteligentes suelen ser los que logran mayor aprendizaje. En muchas ocasiones el profesor puede pensar que no es así porque no hace el pretest para saber cuáles son los conocimientos previos y cuál va a ser su mejora; sin embargo, al medir la ganancia

de aprendizaje se puede deducir esto en casi todos los casos.

De los resultados se puede inferir que existe una correlación entre el aprendizaje adquirido por los estudiantes y sus capacidades. De hecho, sólo en dos casos el grupo C es mejor que el grupo B; en ningún caso el grupo A de estudiantes es superado por los otros grupos, tanto si estudiamos toda la muestra en conjunto como si se muestran los resultados según las diferentes metodologías aplicadas en el aula. Por tanto, la inteligencia es un factor que el profesor debe tener en cuenta a la hora de impartir los contenidos curriculares.

Sin embargo, además de la inteligencia, la formación del profesorado debería incidir en las metodologías de enseñanza porque es necesario introducir cambios, de tal forma que la enseñanza tradicional deje de ser la más utilizada en el aula (Jiménez Aleixandre, 2000).

De hecho, en las Tablas 2 a 4 se puede observar que las diferencias entre los grupos dentro de la metodología tradicional y del grupo que aplicó las TIC siguiendo la enseñanza expositiva son prácticamente iguales, aunque los resultados del grupo TIC son superiores. En el caso del grupo que aplicó la estrategia del aprendizaje cooperativo las diferencias son mayores porque los alumnos del grupo A y del grupo B lograron ganancias muy superiores a las de los alumnos del grupo C.

Sin embargo, al centrar la atención en los estudiantes menos dotados —grupo C— se observa que éstos logran unos resultados similares, ya sea que sigan la metodología tradicional, la expositiva o el aprendizaje cooperativo.

Los resultados de ganancia totales que tenemos con alumnos de secundaria que han tenido dos meses de explicación van de 46 a 25 por ciento en el total; en el caso del tradicional va de 39 a 15 por ciento; y en el grupo cooperativo y en el de TIC, de 59 a 24 por ciento.

Al comparar con los resultados de la bibliografía, Hake (1998), con cuatro meses de

instrucción, logró un promedio de ganancia para la enseñanza tradicional de 23 por ciento, y para el aprendizaje cooperativo de 48 por ciento. Incluso tuvo algún año en el que los estudiantes lograron un 70 por ciento. En el caso de Desbien (2002), siguiendo la enseñanza tradicional, logró una ganancia en dos meses de 8 al 11 por ciento, y con el aprendizaje cooperativo, de 14 a 25 por ciento. Al utilizar una herramienta tecnológica llamada CyberTutor en MIT, que se comporta como un tutor que ofrece pistas a los estudiantes si éstos lo piden o si fallan la resolución del problema, logran una ganancia de 55 por ciento (Morote y Pritchard, 2002).

En consecuencia, se puede decir que los resultados de aprendizaje logrados con las tres metodologías han sido buenos al compararse con otros, incluso el de la enseñanza tradicional. Esto hace que la diferencia lograda entre el aprendizaje cooperativo, la enseñanza con utilización de las tecnologías en el aula y la enseñanza tradicional sea tenida muy en cuenta.

También es verdad que se presenta otra consecuencia de lo visto: es necesario ayudar a los menos dotados de una forma distinta, ya que la diferencia entre los más dotados y los menos dotados es significativa en todas las metodologías estudiadas en esta investigación. Por esta razón se hace necesario implementar nuevas formas de enseñanza con tal de que logren el aprendizaje deseado o, al menos, que las diferencias sean menores.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados de aprendizaje, considerando únicamente los problemas de Física, se puede aseverar que los alumnos que son más inteligentes logran un aprendizaje mayor, y por tanto existe una fuerte correlación entre inteligencia y aprendizaje de los estudiantes.

El aprendizaje cooperativo ha tenido una influencia muy significativa en el aprendizaje de la Física, mientras que la enseñanza

expositiva por medio de las nuevas tecnologías logra diferencias significativas, pero menores que el aprendizaje cooperativo. De hecho, los alumnos más dotados que han seguido la metodología del aprendizaje cooperativo y la enseñanza expositiva por medio de las nuevas tecnologías, han logrado tener un aprendizaje significativamente superior a los alumnos más dotados del grupo que trabajó con la metodología tradicional. En cambio, cuando fijamos la atención en los alumnos menos dotados y comparamos el aprendizaje logrado según cada metodología, se puede observar que la influencia del aprendizaje cooperativo y de la enseñanza expositiva por medio de las nuevas tecnologías tuvo un efecto mucho menor en el aprendizaje.

Al estudiar el efecto de las inteligencias verbal, espacial y lógico-matemática en el aprendizaje, se puede ver que todas tienen una cierta correlación con el aprendizaje de los problemas de Física. Aun así, se puede destacar la influencia de la inteligencia lógico-matemática en el aprendizaje. De hecho, es la que produce una mayor diferencia de ganancia entre los alumnos del grupo de más dotados y los menos dotados.

Sería interesante aplicar este estudio a otras partes de la Física y a otras materias con el fin de generalizar estos resultados; de esta forma podríamos comprobar la influencia que tienen tanto las metodologías como cada inteligencia en el aprendizaje.

Otra propuesta que se lanza desde esta investigación es buscar una solución a la creciente diferencia en el aprendizaje que existe entre los de mayor puntuación y los de menor puntuación en el test de inteligencia. Con las metodologías estudiadas se logró producir un cambio muy positivo (el aprendizaje fue mayor); no obstante, esto no soluciona el problema de las diferencias de aprendizaje dentro de un grupo de estudiantes. Se debe investigar en otras metodologías que hagan posible que la diferencia entre los estudiantes más y menos dotados sea menor.

REFERENCIAS

- ÁBALO, José Enrique (1998), "Una experiencia de aprendizaje cooperativo en lengua", *Innovación Educativa*, núm. 8, pp. 175-184.
- ALARCÓN, Guillermo (2009), "El aprendizaje cooperativo como metodología para la enseñanza de la materia Sistema Fiscal Español", *Instituto de Estudios Fiscales*, núm. 30, pp. 119-130.
- AL-DAIHANI, Sultán (2011), "ICT Education in Library and Information Science Programs", *Library Review*, vol. 60, núm. 9, pp. 773-788.
- AREA, Manuel (2010), "El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos", *Revista de Educación*, núm. 352, pp. 77-97.
- BARÁ, Javier, Joan Domingo y Miguel Valero (2007), *Técnicas de aprendizaje cooperativo*, Barcelona, Taller de Formación en la Universidad Politécnica de Cataluña.
- BARKOW, Jerome, Leda Cosmides y John Tooby (1992), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the generation of a culture*, Nueva York, Oxford University Press.
- BELL, Thorsten, Detlef Urhahne, Sascha Schanze y Rolf Ploetzner (2010), "Collaborative Inquiry Learning: Models, tools and challenges", *International Journal of Science Education*, vol. 32, núm. 3, pp. 349-377.
- BLAKEMORE, Sarah y Uta Frith (2007), *Cómo aprende el cerebro*, Barcelona, Ariel.
- CABALLER, María Jesús y Ana Oñorbe (1997), "Resolución de problemas y actividades de laboratorio", en Luis Carmen (coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, Barcelona, ICE-Horsori, pp. 107-132.
- CAMPBELL, Linda (1997), "Variations on a Theme. How teachers interpret MI theory", *Educational Leadership*, vol. 55, núm. 1, pp. 14-19.
- CLARES, José y Javier Gil (2008), "Recursos tecnológicos y metodologías de enseñanza en titulaciones del ámbito de las ciencias de la educación", *Bordón*, vol. 60, núm. 3, pp. 21-33.
- COOPER, Helen (2004), "Using Projects to Improve Understanding of Introductory Thermal Science Concepts", *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Washington D.C., American Society for Engineering Education.
- CROUCH, Catherine y Eric Mazur (2001), "Peer Instruction: Ten years of experience and results", *American Journal of Physics*, vol. 69, núm. 9, pp. 970-977.
- DESBIEN, Dwain (2002), *Modelling Discourse Management Compared to other Classroom Management Styles in University Physics*, Tesis de Doctorado (PhD), Arizona State University, en: <http://modeling.la.asu.edu> (consulta: 12 de julio de 2012).
- DONNELLY, Dermot, Oliver McGarr y John O'Reilly (2011), "A Framework for Teachers' Integration of ICT into their Classroom Practice", *Computers & Education*, vol. 57, núm. 2, pp. 1469-1483.
- DOUGLAS, Onika, Kimberly Smith Burton y Nancy Reese-Durham (2008), "The Effects of the Multiple Intelligence Teaching Strategy on the Academic Achievement of Eight Grade Math Students", *Journal of Instructional Psychology*, vol. 35, núm. 2, pp. 182-187.
- EGARIEVWE, Stephen, Adepeju Ajiboye, Gautam Biswas, Osehogaghere Okobiah, La Kheisa Fowler, Sean Thorne y Eugene Collins (2000), "Internet Application of Labview in Computer Based Learning", *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, en: <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2000> (consulta: 20 de octubre de 2011).
- EURYDICE (2011), *Science Education in Europe*, Bruselas, EACEA.
- FLORES, Susana, Antonio Trejo y Luis Miguel Trejo (2003), *¿Cómo mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje mediante la evaluación-regulación? El caso de la termodinámica*, Memorias de las Terceras Jornadas Internacionales de la Enseñanza Universitaria de la Química, La Plata, 1-8 de octubre.
- FODOR, Jerry (1983), *The Modularity of Mind*, Cambridge MA, The MIT Press.
- FURNHAM, Adrian (2009), "The Validity of a New, Self-Report Measure of Multiple Intelligence", *Current Psychology*, vol. 28, núm. 4, pp. 225-239.
- GARDNER, Howard (1983), *Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences*, Nueva York, Basicbooks.
- GARDNER, Howard (1993), *Multiple Intelligences: The theory in practice*, Nueva York, Basicbooks.
- GARDNER, Howard (1999), *Intelligence Reframed*, Nueva York, Basicbooks.
- GAVILÁN, Paloma (1997), "El aprendizaje cooperativo: desde las matemáticas también es posible educar en valores", *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, núm. 13, pp. 81-94.
- GRAFF, Martin (2003), "Assessing Learning from Hypertext: An individual differences perspective", *Journal of Interactive Learning Research*, vol. 14, núm. 4, pp. 425-438.
- HAKE, Robert (1998), "Interactive-Engagement versus Traditional Methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory Physics courses", *American Journal of Physics*, vol. 66, núm. 1, pp. 64-74.

- HÄNZE, Martin y Roland Berger (2007), "Cooperative Learning, Motivational Effects, and Student Characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes", *Learning and Instruction*, vol. 17, núm. 1, pp. 29-41.
- HARSKAMP, Egbert y Ning Ding (2006), "Structured Collaboration versus Individual Learning in Solving Physics Problems", *International Journal of Science Education*, vol. 28, núm. 14, pp. 1669-1688.
- HOWIE, Sean y Anita Bignaut (2009), "South Africa's Readiness to Integrate ICT into Mathematics and Science Pedagogy in Secondary Schools", *Education and Information Technology*, núm. 14, pp. 345-363.
- JAMESON, Anthony (2003), "Adaptive Interfaces and Agents", en Julie A. Jacko y Andrew Sears (coords.), *Human-Computer Interaction Handbook*, Mahwah, Lawrence Erlbaum, pp. 305-330.
- JIMÉNEZ Aleixandre, María Pilar (2000), "Modelos didácticos", en Francisco Javier Perales y Pedro Cañal (coords.), *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoy, Marfil, pp. 165-186.
- JOHNSON, David y Roger Johnson (1999), *Learning Together and Alone: Cooperative, competitive and individualistic learning*, Boston, Allyn & Bacon.
- KELLY, Declan (2008), "Adaptive versus Learner Control in a Multiple Intelligence Learning Environment", *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 17, núm. 3, pp. 307-336.
- LEE, Kester y Manjula Sharma (2008), "Incorporating Active Learning with Videos: A case study from Physics", *The Journal of the Australian Science Teachers Association*, vol. 54, núm. 4, pp. 45-48.
- LEÓN, Benito, Elena Felipe, Damián Iglesias y Carlos Latas (2011), "El aprendizaje cooperativo en la formación inicial del profesorado de educación secundaria", *Revista de Educación*, núm. 354, pp. 715-729.
- MAGNUSON, David (1982), *Teoría de los tests*, México, Trillas.
- MAROTTA, Sebastian M. y Jayce Hargis (2011), "Low-Threshold Active Teaching Methods for Mathematic Instruction", *Primus*, vol. 21, núm. 4, pp. 377-392.
- MARQUÉS, Peré (2001), "La educación, hoy como ayer debe.", en: <http://peremarques.pangea.org/educacion.htm> (consulta: 12 de enero de 2010).
- MCDERMOTT, Lillian C., Peter S. Shaffer y Constantinos P. Constantinou (2000), "Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry", *Physics Education*, vol. 35, núm. 6, pp. 411-416.
- MELTZER, David y Roland Thornton (2012), "Active-Learning Instruction in Physics", *American Journal of Physics*, vol. 80, núm. 6, pp. 478-496.
- MÉNDEZ Coca, David (2012a), "Cambio motivacional realizado por las TIC en los alumnos de secundaria de Física", *Miscelánea de Comillas*, vol. 70, núm. 136, pp. 199-224.
- MÉNDEZ Coca, David (2012b), "Motivational Change Realized by Cooperative Learning Applied in Thermodynamics", *European Journal of Physics Education*, vol. 3, núm. 4, pp. 13-26.
- MÉNDEZ Coca, David (2012c), "El aprendizaje cooperativo y la enseñanza tradicional en el aprendizaje de la Física", *Educación y Futuro*, núm. 27, pp. 179-200.
- MÉNDEZ Coca, David (2013a), "The Experience of Learning Physics through the Application of ICT", *Energy Education Science and Technology. Part B: Social and Educational Studies*, vol. 5, núm. 2, pp. 1309-1320.
- MÉNDEZ Coca, David (2013b), "The Influence of Teaching Methodologies in the Learning of Thermodynamics in Secondary Education", *Journal of Baltic Science Education*, vol. 12, núm. 1, pp. 32-47.
- MOROTE, Elsa-Sofía y David Pritchard (2002), "What Course Elements Correlate with Improvement on Tests in Introductory Newtonian Mechanics", Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, abril 7-10, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- NETO, Francisco, Adrian Furnhan y Maria Conceição Pinto Antunes (2009), "Estimating One's Own and One's Relatives' Multiple Intelligence: A cross-cultural study from east Timor and Portugal", *The Spanish Journal of Psychology*, vol. 12, núm. 2, pp. 518-527.
- NORMAN, A. Donald (1973), *El procesamiento de la información en el hombre*, Buenos Aires, Paidós.
- PERKINS, Ross (2011), "ICT International: Developing an 'international issues in ICT' course", *Tech Trends*, vol. 55, núm. 4, pp. 11-12.
- POZO, Juan Ignacio y María Ángeles Gómez Crespo (1998), *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata.
- REIMANN, Peter y Peter Goodyear (2004), "ICT and Pedagogy Stimulus Paper", en: <http://lrnlab.edfac.usyd.edu.au:8200/Research/mceetya2004/report/Archive/> (consulta: 20 de diciembre de 2011).
- RODRÍGUEZ-Llerena Daniel y Juan José Llovera-González (2010), "Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física general para estudiantes universitarios de ciencias técnicas", *Latin*

- American Journal of Physics Education*, vol. 4, núm. 1, pp. 181-188.
- SÁNCHEZ Huete, Juan Carlos (2008), “Conocimiento científico de la didáctica”, en Juan Carlos Sánchez Huete (coord.), *Compendio de didáctica general*, Madrid, Ccs, pp. 49-72.
- SANDOVAL, Christopher (2011), “Computer Simulations in Physics, Chemistry, Earth Science and Biology”, *The Journal of the Australian Science Teachers Association*, vol. 57, núm. 2, pp. 45-47.
- SANMARTÍ, Neus (2002), *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, Madrid, Síntesis.
- SOLBES, Jordi (2011), “¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? Didáctica de las ciencias experimentales”, *Alambique*, núm. 67, pp. 53-61.
- STANFORD, Pokey (2003), “Multiple Intelligence for Every Classroom”, *Intervention in School and Clinic*, vol. 39, núm. 2, pp. 80-85.
- TANEL, Zaner y Mustafá Erol (2008), “Effects of Cooperative Learning on Instructing Magnetism: Analysis of an experimental teaching sequence”, *Latin American Journal of Physics Education*, vol. 2, núm. 2, pp. 124-136.
- THORNDIKE, Robert L. (1989), *Psicometría aplicada*, México, Limusa.
- VELÁZQUEZ, Carlos (2010), “Una aproximación al aprendizaje cooperativo en educación física”, en Carlos Velázquez (coord.), *Aprendizaje cooperativo en educación física*, Barcelona, Inde, pp. 11-89.
- WEBB, Mary (2005), “Affordances of ICT in Science Learning: Implications for an integrated Pedagogy”, *International Journal of Science Education*, vol. 27, núm. 6, pp. 705-735.
- ZABALZA, Miguel Ángel (1990), *Fundamentación de la didáctica y del conocimiento*, Madrid, Narcea.