

Un modelo para la enseñanza de las ciencias: análisis de datos y resultados

Gómez García J.A.¹, Insausti Tuñón M.J.²

¹Colegio Nuestra Señora del Pilar. Valladolid. España. E-mail: seavidae3@yahoo.es

²Departamento de Química Física. Facultad de Ciencias. Valladolid. España. E-mail: insausti@qf.uva.es

Resumen: El estilo de enseñanza centrado en el docente es más común en nuestras aulas de secundaria de lo que sería deseable. El presente artículo propone la implementación de una propuesta de instrucción en el aula, en la que son los alumnos los que juegan un papel crucial en el proceso enseñanza-aprendizaje a través de la reflexión personal y el trabajo cooperativo. En concreto se analizarán los datos obtenidos al utilizar este modelo de instrucción en el primer curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (1º E.S.O.), así como algunos de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Modelos de enseñanza de las Ciencias, trabajo en grupo.

Title: A teaching-learning model of sciences: analysis of data and results.

Abstract: This teaching-learning model tries to overcome some problems linked to those traditional teacher-centred. It also looks for the active implication of students through individual and group work. This report shows the research methodology and some results obtained.

Keywords: Sciences teaching models, group-work

Introducción

Muchos investigadores han denunciado que el modelo de enseñanza tradicional contribuye a reforzar una imagen deformada de Ciencia (White, 1988); (Gil, 1996); (Pozo, 1998); (Pozo y Gómez, 1998); (Ryder, 1999). Esta deformación puede ser detectada, al valorar la imagen que los alumnos poseen de los científicos, en la que pueden identificarse, entre otros, estereotipos empiristas e individualistas (Solomon, 1991); (White, 1988).

Con objeto de superar esta imagen deformada, y tratando de crear un estilo de instrucción más coherente con la actual sociedad de la información, se desarrolló un modelo de intervención en el aula, vertebrado a través del trabajo en grupo. Con este modelo se pretendía crear un estilo de interacción entre los alumnos y entre éstos y el profesor, que recreara algunos aspectos del proceso de hacer ciencia, presentando una imagen menos distorsionada de éste, a la vez que se facilitaran estructuras de trabajo que garantizaran un conocimiento más efectivo por parte de los alumnos.

En esta última línea, se considero de importancia que nuestra propuesta de trabajo estuviese en la línea de otras que perseguían el cambio conceptual en los alumnos. Las ideas o concepciones alternativas han sido analizadas en numerosas ocasiones, contribuyendo a crear una fructífera línea de investigación en la didáctica de las Ciencias Experimentales (López, 1983); (Duit, 1981); (Duit, 1987); (Varela, Favieres, Manrique y De Landazabal, 1992); (Hierrezuelo et al., 1995) y (Varela y Martínez, 1997). La importancia de estas ideas estriba en su enorme relación con los errores conceptuales cometidos por los estudiantes. Independientemente del nivel de enseñanza, el área de Ciencia al que se vincule, lo brillante que resulte el alumno (Peters, 1982), su procedencia, o la enseñanza formal recibida sobre el tema (Gómez, 2003) los alumnos exhiben estas concepciones.

Para generar estructuras de trabajo facilitadoras del cambio conceptual, se revisaron varias secuencias de intervención en el aula (Nussbam y Novick, 1982); (Cosgrove y Osborne, 1985) y se recogieron las ideas que exhiben los alumnos sobre los tópicos energía y luz, que pretendíamos trabajar en nuestra intervención en el aula (Hierrezuelo et al., 1995).

La reflexión culminó con un modelo de intervención en el aula que, además de promover el cambio conceptual, intentó subrayar la importancia del trabajo en grupo a través de los conceptos de conflicto sociocognitivo (Fernández y Melero, 1995) y de zona de desarrollo próximo (Vigotsky 1978); (Kozulin, 1990).

Puesto que el modelo de intervención propuesto, basado en el aprendizaje colaborativo, ha sido objeto de análisis con anterioridad (Gómez, 2003); (¹Gómez e Insausti, 2004), (²Gómez e Insausti, 2004) al igual que las actitudes de los alumnos frente a una enseñanza basada en este modelo (Gómez e Insausti, 2001); (Rosado, Gómez e Insausti, 2001), en este artículo, se realizará una discusión sobre el análisis de algunos resultados asociados al presente modelo de instrucción, así como de la metodología de investigación utilizada para extraer las conclusiones.

Diseño de la experiencia

El trabajo se desarrolló en dos aulas de 1º de E.S.O. (Aula 1 y aula 2), sobre dos temas de la sección de Física incluida en el libro de texto de los alumnos: la energía y la luz. La duración del periodo instructivo se fijó en diez semanas, a razón de tres clases semanales por grupo, lo que arrojó un total de 30 horas por grupo, y un total de 60 horas de experimentación.

El modelo de instrucción utilizado en el aula constó de diferentes etapas en las que el alumno tuvo que trabajar individualmente y, en grupo, sobre distintas cuestiones relativas a los tópicos de energía y luz. Así, tras una reflexión individual sobre ciertas cuestiones propuestas por el docente, los alumnos formaron grupos de reflexión-discusión en busca de unanimidad (aunque no siempre) en las respuestas a las distintas preguntas planteadas. Posteriormente los secretarios de cada grupo presentaron a los demás sus resultados. La propuesta de instrucción termina con el docente presentando las respuestas adecuadas a las cuestiones planteadas, dando realimentación individualizada a cada grupo de trabajo y proponiendo nuevas actividades en la que los alumnos aplicaran los nuevos conocimientos adquiridos

(Gómez e Insausti, 2001); (Rosado, Gómez e Insausti, 2001) (Gómez, 2003); (¹Gómez e Insausti, 2004), (²Gómez e Insausti, 2004).

Por lo que se refiere a la muestra utilizada, la investigación tuvo lugar en el colegio concertado San José ubicado en la Villa de Medina del Campo en la provincia de Valladolid. Los alumnos procedían de todas las zonas de la Villa y de algunos pueblos cercanos con los que existía buena comunicación, y de acuerdo con el tipo de profesión y trabajo de los padres, el nivel socio-económico y cultural de los alumnos fue calificado por el centro como medio y medio-bajo (Gómez, 2003).

La investigación desarrollada en el aula persiguió valorar la adecuación del modelo para dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación entre otras: ¿Este modelo de trabajo en Física promueve la mejora en los resultados obtenidos por los alumnos en las distintas tareas de seguimiento realizadas?

La finalidad de esta pregunta fue valorar el conocimiento que el alumno manifestó tras el proceso de instrucción. Para ello se realizó un análisis de las diferencias de resultados obtenidos en pruebas de investigación de conceptos, utilizando un diseño de investigación pretest-postest de dos grupos (Campbell y Stanley, 1982). Algunas de estas pruebas se administraron tras la docencia con el modelo propuesto, mientras que las restantes se realizaron tras el desarrollo de un modelo de trabajo en el aula más cercano a los presupuestos tradicionales.

Con el objetivo de tratar de detectar debilidades y problemas en el diseño de investigación, éste fue aplicado el curso académico anterior (experiencia piloto), para su puesta a punto en la recogida de datos que serían utilizados en la investigación. Se prestaron especialmente atención a los problemas de historia, maduración, administración del test, difusión de tratamiento, selección y regresión estadística, que de acuerdo con Campbell y Stanley (1982) conducirían a las mayores amenazas a la validez interna del estudio.

La observación de los alumnos en los grupos de trabajo, puso de manifiesto que para el, relativamente corto tiempo de investigación utilizado, los efectos de historia y maduración podían controlarse. Aún así, se desarrolló la investigación de forma que ésta se ubicara en el periodo intermedio del curso (segunda evaluación de tres) para evitar fenómenos de borde (principio y final del curso escolar). Por lo que se refiere al problema de la administración de tests, y con el objetivo de que los alumnos no mejoraran su ejecución en la segunda batería de pruebas, por la familiarización con éstas tras el pretest, se informó con suficiente anterioridad, acerca de la forma que tendrían las pruebas de investigación de conceptos que realizarían y se les entregó una prueba similar a la que realizarían durante la jornada de evaluación.

La experiencia piloto, puso de manifiesto la difusión del tratamiento entre ambas aulas. Así, algunos de los alumnos, sabían anteriormente a la entrega de las hojas de teoría, las respuestas a las preguntas planteadas, porque habían trabajado conjuntamente con los alumnos de otra aula. Este hecho se vinculó a las características de la población en la que se realizó el estudio, un pueblo de tamaño mediano, en el que existía un elevado

número de individuos emparentados. Con el fin de evitar la difusión del tratamiento durante la investigación posterior, se decidió que se impartieran el tema de la energía, y de la luz de acuerdo con la perspectiva de enseñanza tradicional, simultáneamente, cada uno en un aula, con el objetivo de crear un desfase en los temas impartidos en los grupos. Así, en ambas aulas se utilizó el modelo de trabajo aunque sobre temas de Física distintos. En el aula 1 se utilizó el modelo propuesto sobre el tema de la energía, mientras que en el tema de la luz se utilizó la metodología expositiva clásica. En el aula 2 se utilizó el modelo propuesto sobre el tema de luz, utilizándose la metodología expositiva clásica para el tema de la energía.

La selección presentó problema a la validez interna, puesto que ambos grupos eran muy distintos (Gómez, 2003). Por problemas de funcionalidad del centro en el que se desarrolló la investigación, uno de los grupos estaba constituido por alumnos con la asignatura optativa de francés (opción recomendada a alumnos con alto rendimiento académico) mientras que el otro estaba constituido, mayoritariamente, por alumnos con asignatura optativa de procesos de comunicación (opción recomendada a alumnos con rendimiento deficiente en lenguaje o en un grupo mayor de asignaturas). Por ello y por problemas éticos del profesor-investigador, se decidió no utilizar uno de los grupos como control y ambos fueron analizados de forma independiente.

Posteriormente, se decidió realizar un análisis de los alumnos de las aulas, realizando agrupaciones de individuos en función de su rendimiento académico (bajo, medio y alto rendimiento académico anterior), creando tres bandas de puntuaciones (de 0 a 10) en las que fueron ubicados los alumnos de las aulas. Esta agrupación por anchas bandas de puntuaciones también ayudó a controlar la amenaza de la regresión estadística previsible en la investigación.

Pruebas de investigación de conceptos

Una importante herramienta para dar respuesta a la pregunta de investigación fue el set de pruebas de investigación de conceptos utilizadas para valorar el aprendizaje en ambas aulas. Las actividades incluidas en éstas, se inspiraron en la propuesta de Hierrezuelo et al. (1995) que realizan un exhaustivo análisis de los conceptos, procedimientos, actitudes, así como de la adecuada secuencia que debe darse a éstos, para una adecuada práctica en la instrucción de las Ciencias de la Naturaleza en la E.S.O.

De acuerdo con la metodología de investigación explicitada, se administraron en ambas aulas pruebas de investigación de conceptos, antes y tras el tratamiento, con el objetivo de inferir una mejora tras la instrucción.

Al igual que en el desarrollo de la metodología de experimentación, la experiencia piloto tuvo un importante papel en el diseño de las pruebas de investigación de conceptos. De acuerdo con la investigación (Gómez, 2003), el primer juego de pruebas de investigación de conceptos pretendió:

- a) Comprobar si el grado de comprensión de las actividades propuestas, fue adecuada, o si por el contrario, los alumnos observaron que alguna actividad tenía un planteamiento difícilmente comprensible o ambiguo.
- b) Determinar la idoneidad de las pruebas para medir, de forma no sesgada, los conocimientos de los alumnos. ¿Las pruebas son adecuadas para realizar inferencias?, o existen amenazas que pueden hacer peligrar la validez interna del estudio.
- c) Crear nuevos mecanismos de control que permitieran superar los problemas detectados.

Tras el análisis de las pruebas de investigación de conceptos utilizadas en la prueba piloto, que incluyeron entrevistas con los alumnos, análisis estadísticos y revisión de las pruebas con el equipo psicopedagógico del centro (Gómez, 2003) se reconstruyeron las pruebas de investigación de conceptos para eliminar algunas ambigüedades detectadas por los alumnos en la formulación de las preguntas. Se reelaboraron las pruebas de investigación de conceptos para dar cabida en ellas a tres bloques de actividades distintas (Bloque de conceptos, bloque de procedimientos y bloque de razonamiento) con el objetivo de que la prueba discriminara distintas capacidades de los alumnos. Las pruebas de investigación de conceptos utilizadas durante la investigación se incluyen en el Anexo nº 1.

Análisis de los datos

Los datos utilizados para realizar las inferencias de la investigación, fueron las calificaciones otorgadas por el profesor a las pruebas de investigación de conceptos. Puesto que estos datos podían estar sujetos a una, evidente, fuerte subjetividad por parte del docente, se consideró que debía idearse una estrategia que redujera esta seria amenaza a la validez del experimento. Así, se decidió estandarizar las respuestas a las actividades de ambas pruebas de investigación de conceptos, de forma que se explicitaran las respuestas que debía dar el alumno para considerar que la actividad estaba adecuadamente contestada, así como la penalización asociada a dar una respuesta incorrecta o imprecisa. En el Anexo nº 2 se muestra un ejemplo de la secuencia guía utilizada por el docente para la corrección de los ejercicios.

Puesto que las pruebas de investigación de conceptos habían sido divididas en tres bloques, una vez realizada la corrección de cada una de las pruebas por parte del docente, se asoció una terna de valores pretest y otra postest a cada alumno, reflejando su competencia en los aspectos conceptual, de procedimientos y de razonamiento. Por esta razón, se decidió realizar un análisis de las puntuaciones antes y después del tratamiento, en función del bloque de actividades considerado, en lugar de realizar un análisis de la puntuación global del mismo.

Posteriormente se consideró que, además del análisis de las puntuaciones por bloques de actividades y aula, podría ser interesante realizar un análisis que fuera sensible al nivel de rendimiento anterior de los alumnos (alto, medio o bajo). Para ello se realizó una división de los alumnos de cada aula, en función de las medias obtenidas por éstos durante la primera evaluación

(Gómez, 2003). Se obtuvieron así el grupo de alumnos de alto (puntuaciones en la banda 7.5-10), medio (puntuaciones entre 4.5-7.4) y bajo rendimiento anterior (por debajo de 4.5).

Así, para estimar la existencia de diferencias significativas en los resultados antes y después del tratamiento, se compararon los resultados de las pruebas de investigación de conceptos por aulas:

- a) En función de los bloques de actividades.
- b) En función de los bloques de actividades, y del nivel de competencia anterior.

Tras la reflexión vinculada a los datos utilizados para la inferencia de resultados de la investigación, se realizó un análisis del estadístico de contraste más adecuado para la búsqueda de la existencia de diferencias significativas.

Puesto que el interés de la investigación era la comparación de grupos dependientes, dos a dos, se decidió no utilizar un ANOVA, y en su lugar utilizar otra prueba estadística más adecuada. En un primer momento, se pensó que una prueba T, para dos grupos dependientes (Lubín, Maciá, Rubio 2000), era la más adecuada para la muestra de estudio. Pero, puesto que la muestra no alcanzó el valor de 30 individuos (las aulas tenían 28 y 29 alumnos respectivamente), y además un análisis de la distribución de las diferencias pretest-postest reveló que ésta no era normal, se decidió desestimar la anterior prueba estadística, y utilizar en su lugar la prueba o contraste de signos que, de acuerdo con Lubín, Maciá y Rubio (2000), era la más apropiada, de acuerdo con las muestras de estudio. Para esta prueba el estadístico de contraste es:

$$S = S^+ \text{ ó } S^-$$

Dónde S se define como el número de signos positivos o negativos, al calcular las diferencias de las puntuaciones después y antes del tratamiento, para un mismo individuo, distribuyéndose según una binomial con parámetros $n = n_+ + n_-$ y $\pi = 0,50$.

Una vez definida la prueba estadística, se escribieron las hipótesis de investigación para el estudio conceptual, de acuerdo con las dos propuestas de análisis planteadas en este apartado:

- a) *En función de los bloques de actividades.*

$$\begin{array}{lll} H_0 : \eta_{2,AULAi}^{CONC} \leq \eta_{1,AULAi}^{CONC} & H_0 : \eta_{2,AULAi}^{PROC} \leq \eta_{1,AULAi}^{PROC} & H_0 : \eta_{2,AULAi}^{RAZ} \leq \eta_{1,AULAi}^{RAZ} \\ H_1 : \eta_{2,AULAi}^{CONC} > \eta_{1,AULAi}^{CONC} & H_1 : \eta_{2,AULAi}^{PROC} > \eta_{1,AULAi}^{PROC} & H_1 : \eta_{2,AULAi}^{RAZ} > \eta_{1,AULAi}^{RAZ} \end{array}$$

Donde la notación utilizada es la habitual al definir la hipótesis nula y la alternativa. El símbolo η significa mediana, y los superíndices CONC, PROC y RAZ hacen referencia a los bloques de actividades de conceptos, procedimientos y razonamiento. El subíndice i, que puede tomar el valor 1 o 2, concretaría las hipótesis de investigación para una u otra aula de

investigación. Por último los subíndices 1 y 2 tienen el significado habitual, y se referirían a los valores antes (1) o después (2) de la experiencia.

Las hipótesis estadísticas ascendieron a un total de seis (tres por aula), y se formularon, de acuerdo con los requerimientos de la investigación, según un contraste unilateral derecho con nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, las hipótesis nulas indican, en todos los casos, que la mediana de la población tras el tratamiento, es igual o menor que la mediana de la población antes, en las pruebas de conceptos, procedimientos y razonamientos, tanto en el aula 1 como en el aula 2.

b) *En función de los bloques de actividades, y del nivel de competencia anterior.*

$$\begin{array}{lll}
 H_0 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, CONC} \leq \eta_{1,AULA i}^{BAJO, CONC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, PROC} \leq \eta_{1,AULA i}^{BAJO, PROC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, RAZ} \leq \eta_{1,AULA i}^{BAJO, RAZ} \\
 H_1 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, CONC} > \eta_{1,AULA i}^{BAJO, CONC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, PROC} > \eta_{1,AULA i}^{BAJO, PROC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{BAJO, RAZ} > \eta_{1,AULA i}^{BAJO, RAZ} \\
 H_0 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO CONC} \leq \eta_{1,AULA i}^{MEDIO CONC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO, PROC} \leq \eta_{1,AULA i}^{MEDIO, PROC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO RAZ} \leq \eta_{1,AULA i}^{MEDIO RAZ} \\
 H_1 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO CONC} > \eta_{1,AULA i}^{MEDIO CONC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO, PROC} > \eta_{1,AULA i}^{MEDIO, PROC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{MEDIO RAZ} > \eta_{1,AULA i}^{MEDIO RAZ} \\
 H_0 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, CONC} \leq \eta_{1,AULA i}^{ALTO, CONC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, PROC} \leq \eta_{1,AULA i}^{ALTO, PROC} & H_0 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, RAZ} \leq \eta_{1,AULA i}^{ALTO, RAZ} \\
 H_1 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, CONC} > \eta_{1,AULA i}^{ALTO, CONC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, PROC} > \eta_{1,AULA i}^{ALTO, PROC} & H_1 : \eta_{2,AULA i}^{ALTO, RAZ} > \eta_{1,AULA i}^{ALTO, RAZ}
 \end{array}$$

Donde las indicaciones realizadas en el anterior bloque de hipótesis de investigación son válidas. En este caso y los superíndices BAJO, MEDIO y ALTO harían referencia a los grupos de rendimiento anterior.

En este caso, las hipótesis estadísticas ascienden a un total de dieciocho (nueve por aula), y se formulan, nuevamente, según un contraste unilateral derecho a un nivel de confianza del 95%. Como en el caso anterior, las hipótesis nulas indican, en todos los casos, que la mediana de la población tras el tratamiento es igual o menor que la mediana de la población antes de la instrucción en las pruebas de conceptos, procedimientos y razonamientos, tanto en el aula 1 como en el aula 2, y cualquiera que sea el grupo de rendimiento anterior (bajo, medio o alto). El tratamiento estadístico se realizó con el paquete SSPS10.0.

Resultados

A través de los resultados, se buscó dar respuesta a las preguntas planteadas en apartados anteriores:

1. ¿Existen diferencias significativas en los resultados obtenidos por los alumnos antes y después del tratamiento?

2. ¿Existen diferencias significativas en los resultados obtenidos por los alumnos antes y después del tratamiento en función de su rendimiento anterior en Física?

El análisis para la primera pregunta mostró que en el aula 1, y en el bloque de razonamiento, existía una mejoría significativa en los resultados obtenidos por los alumnos. El análisis con contraste unilateral izquierdo puso de

manifiesto que en los otros bloques, y en el otro aula, no existía un empeoramiento significativo de los resultados tras la instrucción propuesta, con lo que se concluyó que ésta conducía a la obtención de resultados iguales o mayores en las pruebas de investigación de conceptos (ver tabla 1).

El otro análisis, que pretendía inferir la existencia de mejorías significativas, por aula, bloque de actividades y rendimiento académico anterior (bajo, medio o alto), con un contraste unilateral derecho y con intervalo de confianza del 95%, arrojó los resultados mostrados en la tabla 2 para el aula 1 y 2.

ESTADÍSTICOS		P (NIVEL CRÍTICO)	HIPÓTESIS NULA (H ₀)
AULA 1	CONCEPTOS	$p=0,2205 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,085 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$P < 0,0002 < \alpha=0,05$	SE RECHAZA
AULA 2	CONCEPTOS	$p=0,425 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,2855 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,093 > \alpha=0,05$	SE ASUME

Tabla 1.- Resultados en las pruebas objetivas del aula 1 y 2

AULA 1		P (NIVEL CRÍTICO)	HIPÓTESIS NULA (H ₀)
ALTO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,1875 > \alpha=0,05$	SE ASUME
MEDIO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,294 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,1095 > \alpha=0,05$	SE ASUME
BAJO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,2265 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,008 < \alpha=0,05$	SE RECHAZA

Tabla 2.- Resultados de las pruebas objetivas por bloque de actividades y en función del rendimiento académico anterior del aula 1

AULA 2		P (NIVEL CRÍTICO)	HIPÓTESIS NULA (H ₀)
ALTO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,2745 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,325 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
MEDIO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,377 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,377 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
BAJO RENDIMIENTO	CONCEPTOS	$p=0,2265 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	PROCEDIMIENTOS	$p=0,5 > \alpha=0,05$	SE ASUME
	RAZONAMIENTO	$P=0,008 < \alpha=0,05$	SE RECHAZA

Tabla 3.- Resultados de las pruebas objetivas por bloque de actividades y en función del rendimiento académico anterior del aula 2

Para la segunda pregunta, en la que se realizó un análisis, en función del rendimiento anterior del alumno, se observa que son los grupos de bajo rendimiento anterior de las dos aulas los que obtienen una mejora significativa, en el bloque de razonamiento, tras el tratamiento. Y al igual que en el caso anterior, planteando un contraste unilateral izquierdo en ningún caso se detectó un empeoramiento significativo en los resultados.

A la vista de los resultados se puede comenzar concluyendo que, un análisis global de resultados, como el llevado a cabo para dar respuesta a la pregunta 1, conduce a resultados imprecisos y a generalizaciones erróneas, como se pone de manifiesto tras realizar el análisis fino de los datos.

Tras el análisis global se concluye que, el único aula en el que se detectan mejorías significativas, y sólo para el bloque de razonamiento, es el aula 1. En el caso del aula 2, los hallazgos estadísticos no predicen mejorías significativas en ninguno de los tres bloques de estudio. El análisis posterior, restringido a los grupos de rendimiento anterior, revela que la mejoría se produce en ambas aulas, pero sólo en el caso de los alumnos pertenecientes a los grupos de bajo rendimiento anterior. Este curioso resultado, se relacionó con la diferencia en el número de alumnos perteneciente a los grupos de bajo rendimiento anterior en las dos aulas. Así, en el aula 1, un total de 18 de los 29 alumnos pertenecen a este grupo, mientras que en el aula 2 a este grupo pertenecen un total de 6 alumnos de los 28 que componen el aula.

En el caso de los alumnos de alto y medio rendimiento anterior, no aparecieron diferencias significativas en los resultados de las pruebas, para ninguno de los tres bloques analizados. De forma que, para estos alumnos, el estilo de instrucción no conduce a un cambio significativo en los resultados.

Conclusiones

A juzgar por el análisis realizado de las pruebas de investigación de conceptos, que muestra una mejoría significativa en las medianas de los resultados de las actividades de razonamiento de los grupos de bajo rendimiento anterior, y por el análisis de las respuestas a los ejercicios en las pruebas de investigación de conceptos (Gómez, 2003), parece ser justificado el afirmar que el nuevo modelo de trabajo favorece una mejora de los resultados de los alumnos de bajo rendimiento anterior, en pruebas de razonamiento (Gómez, 2003).

Sin embargo los grupos de bajo rendimiento siguen siendo muy inefectivos en otro tipo de actividades y, así, el análisis de resultados pone de manifiesto el problema de los alumnos de estos grupos en actividades que implican la reproducción memorística de conceptos, o aquellas en las que están implicados cálculos numéricos (Gómez, 2003). A pesar de esta deficiencia, se concluye que existe una mejora en el bloque de razonamiento para los alumnos de bajo rendimiento anterior. Esta mejoría no se consideró una simple repetición de lo aprendido durante la instrucción ya que las preguntas del examen fueron distintas de las planteadas en el aula, y los alumnos de estos grupos exhibieron problemas en las actividades

que supusieron una repetición literal de lo aprendido (bloque de conceptos y procedimientos).

Así pues, la nueva experiencia de trabajo puede considerarse la responsable de la mejora en el razonamiento de los alumnos de bajo rendimiento anterior. De acuerdo con el análisis realizado, este hecho puede vincularse con el estilo de trabajo en los grupos, en los que se favorece procesos de ayuda a los alumnos que presentan mayores dificultades en la comprensión y desarrollo de las actividades. Así podría justificarse el que, precisamente, fueran los alumnos con bajo rendimiento anterior los más favorecidos por este modelo de trabajo, mientras que en el caso de los otros alumnos no se presenten diferencias significativas.

Los grupos de alto y medio rendimiento puntúan prácticamente igual, antes y después del tratamiento, lo que confirma que independientemente del estilo de enseñanza utilizado, el aprendizaje de ciertos alumnos, altamente competentes, está garantizado.

Referencias bibliográficas

Campbell, D.T. y Stanley, J.C. (1982). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires. Amorrortu editores.

Cosgrove, M. Y Osborn, R. (1985) *Learning in science*. Hong Kong. Heinemann.

Duit, R. (1981). *Problems concerning students' representation of Physics and Chemistry knowledge*. Ludwisburg. West Germany.

Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material?. *International Journal Of Science Education* 9(2), 139-145.

Fernández, P. y Melero, M.A. (1995). *La interacción social en contextos educativos*. Madrid. Siglo XXI.

Gil, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.

Gómez, J.A. (2003). *Un Modelo Didáctico para la Enseñanza de la Física en la E.S.O.*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

Gómez, J.A. y Insausti, M.J. (2001). El ciclo reflexivo-cooperativo: actitudes hacia el ciclo. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra*. VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Tomo 1: Comunicaciones, 317-318.

¹Gómez, J.A. y Insausti, M.J. (2004). El ciclo reflexivo-cooperativo: Un modelo didáctico para la enseñanza de las ciencias, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, 2.

²Gómez, J.A. y Insausti, M.J. (2004). El ciclo reflexivo-cooperativo: un modelo didáctico para la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, 2, Artículo 2.

En <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Hierrezuelo, J.; Bullejos, J.; Carmona, A.; Molina, E.; Montero, A.; Mozas, T.; Ruiz, G.; Sampedro, C. y Valle, V. (1995). *Ciencias de la naturaleza*.

Primer curso de educación secundaria obligatoria. Madrid. MEC y Edelvives.

Kozulin, A. (1990). *La psicología de Vigotsky. Biografía de unas ideas*. Madrid. Alianza.

López, F. (1983). Las nociones de trabajo y energía. Análisis conceptual y didáctico. *Bordon*, 249, 497-506.

Lubin, P. Macia, M.A. Y Rubio, P. (2000). *Psicología matemática (vol.I)*. Madrid. UNED.

Nussbam, J. Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional science*, 11, 183-200.

Peters, P.C. (1982). Even Honor's students have conceptual difficulties with physics. *American journal of physics*, 50, 501-508.

Pozo, J.I. (1998). *Aprendices y maestros*. Madrid. Psicología Minor.

Pozo, J.I. Y Gómez, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid. Ediciones Morata S.A.

Rosado, L.; Gómez, J.A. e Insausti, M.J. (2001). Una epistemología centrada en el alumno frente a la concepción habitual del ciclo enseñanza/aprendizaje en ciencias: el ciclo reflexivo/cooperativo. En L. Rosado (Ed.), *Didáctica de la física y sus nuevas tendencias* (pp 516-561). Madrid. UNED.

Ryder, J. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(29), 201-219.

Solomon, J. (1991). Group Discussions in the classroom. *School Science Review*, 72(261), 29-34.

Varela, P.; Favieres, A.; Manrique, M.J. y De Landazabal, M.C. (1992). *Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista*. Madrid. MEC y Edelvives.

Varela Nieto, M.P. y Martínez Aznar, M.M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: La resolución de problemas como actividad de investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 173-188.

Vigotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona. Crítica.

White, R. (1988). *Learning Science* (2ª ed.). Oxford. Blackwell.

Anexo nº 1

Se presentan las pruebas de investigación de conceptos utilizadas en la experiencia. Los encabezamientos C1, P2 o R3 hacen referencia a las preguntas 1, 2 y 3 de los bloques de Conceptos, Procedimientos y Razonamiento, respectivamente

PRUEBA DE LA ENERGÍA

EXAMEN C. NATURALES – 1º ESO

Nombre:..... nº:

C.1.- Define los siguientes conceptos: **ENERGÍA, CALOR, TRABAJO y FUERZA.**

C.2.- Indica las unidades, en el sistema internacional, de las anteriores magnitudes.

C.3.- Enuncia el principio de conservación de la energía.

C.4.- Con qué forma de energía asocias la energía: **EÓLICA, HIDRAÚLICA, DE LAS MAREAS, DE LOS COMBUSTIBLES, GEOTÉRMICA y DE LOS ALIMENTOS.**

C.5.- Realiza un mapa conceptual acerca de **LOS TIPOS Y FORMAS DE ENERGÍA.**

P.1.- Calcula la energía cinética de un corredor de atletismo de masa 790 Hg. (hectogramos), cuando corre a una velocidad de 5 m/s.

P.2.- Calcula la energía potencial de una manzana de masa 25 gramos suspendida de una rama de un árbol a una altura de 2 m.

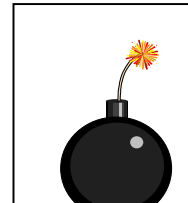
P.3.- Calcula el trabajo realizado por un elefante que desplaza un bloque una distancia de 10 metros aplicando una fuerza de valor 300 en el sistema internacional.

¿Qué condición debe verificarse para poder utilizar la fórmula del trabajo?.

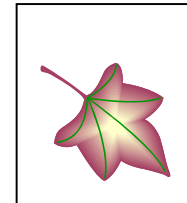
R.1.- Dados los siguientes elementos:



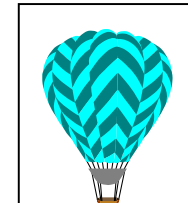
1) Una Estatua.
globo que



2) Una bomba.



3) Una hoja que



4) Un

se lleva el viento.

sube.

A) ¿Tienen energía?, ¿por qué?.

B) Si procede, ¿qué forma de energía llevan asociada?.

C) ¿Cuál de los objetos tiene mayor energía?, ¿por qué?.

R.2.- Indica los cambios energéticos que se producen en ti, cuando meriendas, y posteriormente coges la bicicleta y subes por un camino hasta llegar al Castillo de la Mota.

R.3.- a) En el interior de un coche, un caluroso día de verano, coloco una camisa y una barra de hierro. Dos horas después, en las que el coche ha estado expuesto de forma directa al sol, abro la puerta del coche y tomo los dos objetos, ¿cuál de los dos está a menor temperatura?, ¿por qué?. b) ¿Puedes explicar la razón por la que al abrir la puerta del coche sientes una mayor sensación de calor?.

PRUEBA DE LA LUZ

EXAMEN C. NATURALES – 1º ESO

Nombre:..... nº:

C.1.- Define los siguientes conceptos: **LUZ**, **ÍNDICE DE REFRACCIÓN**, **REFRACCIÓN** y **LENTE**.

C.2.- Explica lo que se entiende por modelo geométrico de rayos.

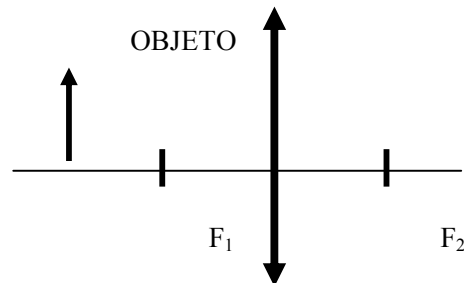
C.3.- Nombra e indica la función de las distintas partes de las que se compone el ojo humano.

C.4.- Indica que se entiende por reflexión.

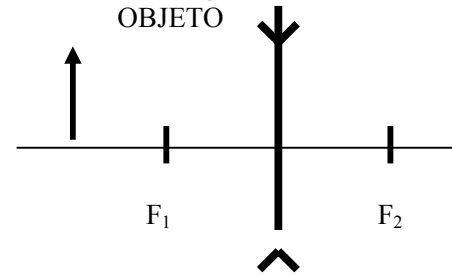
C.5.- Realiza un mapa conceptual acerca de **FENÓMENOS ASOCIADOS CON LA LUZ**.

P.1.- Calcula el índice de refracción de una sustancia en el que la luz viaja a 250000 km/s.

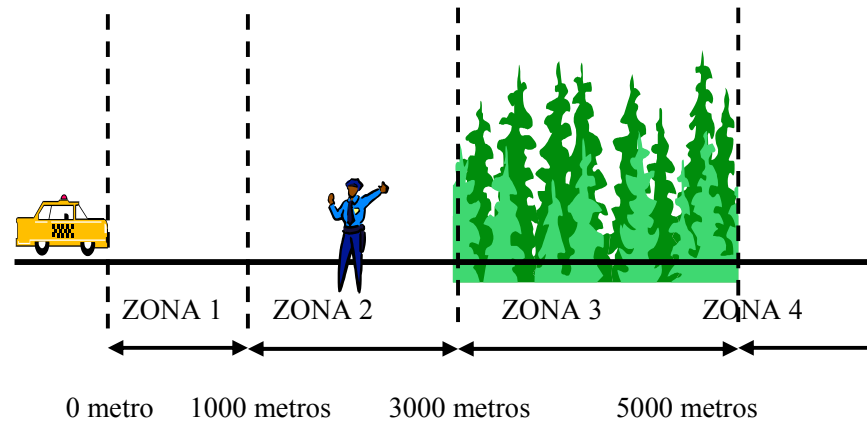
P.2.- Calcula la imagen, a través de la lente, del objeto de la figura.



P.3.- Calcula la imagen, a través de la lente, del objeto de la figura.



R.1.- Indica en que regiones se encuentra la luz, sabiendo que el hombre de la figura percibe la luz de los faros del coche, y detrás de él se extiende un bosque.



R.2.- Describe física y fisiológicamente, la forma en la que el ojo puede ver un objeto.

R.3.- Indica, razonando, lo que ocurre cuando la luz atraviesa un filtro de color azul.

R.4.- La lupa es una lente convergente y por eso se explica que se pueda encender fuego con ella. Pero, sin embargo, si miro a través de la lupa los objetos no aparecen invertidos, ¿no es éste un resultado contradictorio?, ¿dónde está la trampa?.

Anexo nº 2

Se presenta la plantilla utilizada por el investigador para objetivizar el proceso de calificación de las pruebas de investigación de conceptos. De acuerdo con la división en bloques (conceptual, de procedimientos y de razonamiento), a continuación, se explicitan las respuestas a las distintas actividades de la prueba de la energía, así como las puntuaciones otorgadas. A pesar de lo reduccionista de algunas de las respuestas presentadas, éstas son coherentes con la propuesta de Hierrezuelo et al. (1995), y en consonancia con el nivel de instrucción (1º de E.S.O.).

• BLOQUE CONCEPTUAL

El bloque conceptual fue valorado con un total de 15 puntos, que fue distribuido de la siguiente forma:

C.1.- Define los siguientes conceptos: ENERGÍA, CALOR, TRABAJO y FUERZA.

La primera cuestión invita a los alumnos a explicitar sus definiciones sobre los anteriores conceptos. Cada definición correcta se puntuó como 2 puntos. Fueron identificadas como correctas aquellas definiciones que fueran igual a las siguientes:

- Energía: La energía es una propiedad de los cuerpos por la que se producen transformaciones en ellos mismos o en otros cuerpos.
- Calor: El calor es la energía intercambiada entre dos sistemas en contacto, a diferente temperatura.
- Trabajo: El trabajo es la energía intercambiada por dos sistemas en procesos que tienen como consecuencia un desplazamiento observable de algunos de los cuerpos que interaccionan.
- Fuerza: La fuerza es la medida de la interacción entre dos cuerpos.

Aquellas definiciones en las que se produjeron cambios equivalentes de palabras (transformaciones—cambios) fueron dadas por correctas. Todas aquellas definiciones que encerraron errores de tipo conceptual o de expresión fueron despreciadas.

C.2.- Indica las unidades, en el sistema internacional, de las anteriores magnitudes.

La segunda cuestión continúa vinculada a los conceptos. Cada respuesta correcta se contabilizó como medio punto, por lo que la puntuación asociada a esta actividad ascendió a dos puntos.

En este caso la respuesta correcta sería julios para todas las magnitudes, excepto para la fuerza que se mide en Newtons. También se consideró la caloría como unidad correcta para la medida del calor absorbido o desprendido.

C.3.- Enuncia el principio de conservación de la energía.

La pregunta se evaluó de forma que se respuesta se valoró como un total de 2 puntos.

La respuesta considerada como correcta fue aquella en la que el alumno enunciaba el principio de conservación en la forma:

“La energía ni se crea ni se destruye, únicamente se transforma de una clase a otra”

C.4.- Con qué forma de energía asocias la energía: EÓLICA, HIDRÁULICA, DE LAS MAREAS, DE LOS COMBUSTIBLES, GEOTÉRMICA y DE LOS ALIMENTOS.

Cada respuesta correcta se valoró con un total de medio punto. La relación que se esperaba que el alumno encontrara era la siguiente:

FUENTE DE ENERGÍA	FORMA DE ENERGÍA
Eólica	Cinética
Hidráulica	Potencial
Mareas	Cinética
Combustibles	Interna
Geotérmica	Transferencia de Energía en forma de calor
Alimentos	Interna

• **BLOQUE DE PROCEDIMIENTOS**

El bloque de procedimientos fue valorado con un total de 9 puntos, que fueron distribuidos de la siguiente forma:

P.1.- Calcula la energía cinética de un corredor de atletismo de masa 790 Hg. (hectogramos), cuando corre a una velocidad de 5 m/s.

La resolución del problema se realizó de acuerdo con la secuencia de pasos indicada en el aula. La puntuación total del problema fue de 3 puntos.

- PASO 1: Expresión de magnitudes en el sistema internacional de unidades. Valorado en un punto.

$$m=79\text{kg}, v=5\text{m/s}$$

- PASO 2: Escritura de las fórmulas adecuadas. Valorado en un punto.

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

- PASO 3: Cálculo numérico. Valorado en un punto. Si el resultado carece de unidades, o si por el camino el alumno ha olvidado escribirlas, el valor otorgado a este problema desciende hasta el medio punto. Si el resultado numérico no es el mismo este apartado no se valora.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 79\text{kg} \cdot 25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 987,5\text{N}$$

P.2.- Calcula la energía potencial de una manzana de masa 25 gramos suspendida de una rama de un árbol a una altura de 2 m.

Al igual que en el caso anterior, el problema fue calificado sobre un total de tres puntos, y fue repartido de forma similar.

- PASO 1: Expresión de magnitudes en el sistema internacional de unidades. Valorado en un punto.

$$m=0,025\text{kg}, g=9,8 \text{ m/s}^2, h=5\text{m/s}$$

- PASO 2: Escritura de las fórmulas adecuadas. Valorado en un punto.

$$E = m \cdot g \cdot h$$

- PASO 3: Cálculo numérico. Valorado en un punto. Si el resultado carece de unidades, o si por el camino el alumno ha olvidado escribirlas el valor otorgado a este problema desciende hasta el medio punto. Si el resultado numérico no es el mismo este apartado no se valora.

$$E = mgh = 0,025\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\text{m} = 0,49\text{N}$$

P.3.- Calcula el trabajo realizado por un elefante que desplaza un bloque una distancia de 10 metros aplicando una fuerza de valor 300 en el sistema internacional.

¿Qué condición debe verificarse para poder utilizar la fórmula del trabajo?.

- PASO 1: Escritura de las fórmulas adecuadas. Valorado en un punto.

$$T = F.d$$

- PASO 2: Condición para el uso de la formula. Valorado en un punto.

La condición es que la fuerza y la dirección del desplazamiento coincidan en dirección y sentido.

- PASO 3: Cálculo numérico. Valorado en un punto. Si el resultado carece de unidades, o si por el camino el alumno ha olvidado escribirlas el valor otorgado a este problema desciende hasta el medio punto. Si el resultado numérico no es el mismo este apartado no se valora.

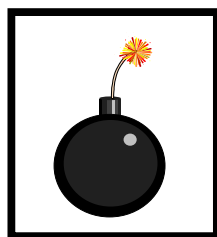
$$T = F.d = 300N.10m = 3000J$$

- BLOQUE RAZONAMIENTO:

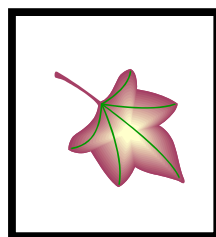
R.1.- Dados los siguientes elementos:



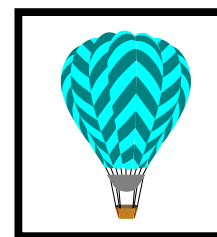
1) Una estatua



2) Una bomba



3) Una hoja que se lleva el viento



4) Un globo que sube

A) ¿Tienen energía?, ¿por qué?.

Todos tienen energía porque de acuerdo con la definición pueden provocar transformaciones en ellos mismos o en los de alrededor. El valor de este apartado es de un punto.

B) Si procede, ¿qué forma de energía llevan asociada?.

- La estatua tiene energía interna, porque está formada por un tipo peculiar de átomos y tiene una temperatura. Se valora como un punto.
- La bomba también tiene energía interna puesto que la sustancia por la que está formada tiene unos átomos cuya naturaleza permite ceder energía. Se valora como un punto.

- La hoja que se lleva el viento tiene energía cinética, porque se mueve. Los alumnos que consideran la energía interna, también, son valorados de forma positiva. Se valora como un punto.
- El globo que sube tiene energía cinética, puesto que se mueve, y potencial porque sube y así cambia su altura. Se valora como un punto.

C) ¿Cuál de los objetos tiene mayor energía?, ¿por qué?

La respuesta depende. Parece que la bomba pueda ser la que posea más energía, aunque depende también de la masa de la estatua y de la altura a la que se encuentre del suelo. En cualquier caso la respuesta se valorará como correcta si el estudiante indica que depende de las transformaciones que puedan producirse. A mayores transformaciones, mayor energía. Se valora como dos puntos.

R.2.- Indica los cambios energéticos que se producen en tí, cuando meriendas, y posteriormente coges la bicicleta y subes por un camino hasta llegar al Castillo de la Mota.

Esta cuestión puede desglosarse en una secuencia de dos procesos que ponen de manifiesto la conservación de energía.

- PROCESO 1: Cuando meriendo la energía interna de los alimentos se convierte, a través de procesos químicos en energía interna para mi cuerpo. Se valora como un punto.
- PROCESO 2: Cuando subo al castillo mi energía interna se invierte por un lado en que la bici se mueva, y en que ésta aumente su altura. Por lo tanto mi energía interna se convierte en energía cinética y potencial. Se valora como un punto.

R.3.- En el interior de un coche, un caluroso día de verano, coloco una camisa y una barra de hierro. Dos horas después, en las que el coche ha estado expuesto de forma directa al sol, abro la puerta del coche y tomo los dos objetos, ¿cuál de los dos está a menor temperatura?, ¿por qué?

De acuerdo con lo estudiado en clase, los alumnos deberían responder que los dos objetos tienen la misma temperatura. Valoración medio punto.

A pesar de que el sentido común parece indicar que la barra de hierro se encontrará a temperatura superior, esta percepción es falsa. Lo que ocurre es que se están confundiendo los conceptos de temperatura y conductividad térmica. Los dos objetos tienen la misma temperatura, pero al tocar la barra de hierro percibo que está más caliente porque es buen conductor del calor, y por lo tanto el equilibrio térmico se produce más rápidamente. Valoración dos puntos.

¿Puedes explicar la razón por la que al abrir la puerta del coche sientes una mayor sensación de calor?

Puesto que la temperatura en el interior del vehículo es mayor que en el exterior, cuando abra la puerta, la masa de aire del interior cederá parte de su energía a la masa de aire que se encuentra en el exterior. Por eso esa percepción descrita en el enunciado de la actividad. Valoración un punto.