

APRENDIZAJE ACTIVO EN ÓPTICA (PROGRAMA ALOP). RELATO DE UNA EXPERIENCIA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

Autor/es: ALBORCH, Alejandra¹; PANDIELLA, Susana¹⁻², BENEGAS, Julio³

Institución de procedencia: ¹Departamento de Física y de Química - FFHA – Universidad Nacional de San Juan. Avenida Ignacio de la Roza 230 (O). San Juan. 5400. República Argentina

²Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE)- UNSJ

³Dpto. Física-IMASL- Universidad Nacional de San Luis- Ej. de los Andes 950-5700- San Luis

Dirección electrónica: alsalborch@yahoo.com

Eje temático: Desafíos y alternativas en la enseñanza y el aprendizaje

Campo metodológico: Experiencia educativa

Palabras clave: óptica, aprendizaje activo, escuela secundaria

Resumen

En este trabajo presentamos los resultados de una experiencia didáctica que abordó la enseñanza de la óptica geométrica con metodología ALOP (Active Learning in Optics and Photonics). Esta estrategia combina actividades para un aprendizaje activo, tanto para el trabajo de los estudiantes en el laboratorio, como para las clases teóricas. Las primeras están basadas en la estrategia Física en Tiempo Real y las segundas, en la estrategia Clases Interactivas Demostrativas.

Los conceptos físicos que se abordaron fueron introducción a la óptica geométrica: reflexión y refracción en superficies planas e imágenes con lentes esféricas. El diseño utilizado en esta investigación fue de comparación de grupos preestablecidos. Los grupos pertenecían a una escuela secundaria de la provincia de San Juan (Argentina). El curso experimental trabajó con metodología ALOP y el otro con instrucción tradicional. Como fuente para la recolección de datos se utilizó una prueba de 34 ítems que pertenece al Test de Óptica Geométrica, LOCE, aplicado en los dos grupos antes y después de la instrucción (pre y post test). Cada ítem presenta una opción correcta y otras incorrectas (distractores) que se corresponden a las dificultades de aprendizaje y preconcepciones más comunes. El

curso con metodología ALOP logró niveles de aprendizaje muy satisfactorios, distribuidos en la mayoría de los estudiantes de la muestra y obteniendo, en promedio, ganancias intrínsecas de $g=0.70$ mientras que el curso testigo, obtuvo $g=0.20$. Estos resultados confirman que las actividades propuestas por ALOP para un aprendizaje activo son más efectivas que las que presentan características tradicionales.

1. Introducción

Desde el año 2000 el Program for International Student Assessment (PISA) es la prueba más prestigiosa de nivel internacional para evaluar a los estudiantes de escuela secundaria. Es aplicada cada tres años y examina el rendimiento académico de alumnos de 15 años en tres áreas temáticas clave: lectura, ciencias y matemáticas.

Del informe del Programa de Promoción de la Reforma Educativa en América Latina y el Caribe (PREAL) sobre PISA 2012 se desprenden algunas conclusiones sobre la educación en ciencia en la Argentina que deberían ser fuente de inspiración para implementar acciones que mejoren la situación allí descrita entre las que se pueden mencionar:

- Hace más de una década Argentina no ha mejorado en matemática y ciencia.
- El porcentaje de alumnos que no alcanza niveles mínimos de aprendizaje en Argentina no cambió mientras que en varios países latinoamericanos, se redujo considerablemente como Brasil y México en matemática; Chile y Perú en lectura y Brasil en ciencia.
- Menos de un 1% de los alumnos argentinos logró niveles de excelencia en todas las materias y este porcentaje bajó en matemática y lectura desde el año 2000 hasta el 2012.
- Argentina es el país de Latinoamérica participante de la prueba Pisa que tiene la inversión más alta por alumno pero el peor desempeño en matemática y ciencia (Ganimian, 2013).

Otro trabajo para referenciar y más cercano a la propuesta que acá se relata, es el realizado por investigadores de España e Iberoamérica (Argentina, Chile, Méjico y Cuba) en relación a identificar el conocimiento alcanzado en algunos temas

de física por alumnos ingresantes a carreras universitarias de ciencias (Benegas, et al., 2006, 2009). Los resultados indican que las limitaciones en la comprensión de conceptos básicos de física son similares en todos los alumnos aunque pertenezcan a diferentes sistemas educativos. Basados en que los alumnos que constituyeron las diferentes muestras habían estudiado dentro de sistemas tradicionales de enseñanza y en resultados de algunas experiencias con estrategias de aprendizaje activo de la física en el nivel secundario, estos investigadores sugieren que, para paliar esta situación, los esfuerzos deberían orientarse hacia cambios fundamentales en la manera de enseñar y aprender física (Pérez de Landazabal et al., 2013).

Abundan en la literatura sobre estrategias de enseñanza de la física propuestas para mejorar los aprendizajes de los estudiantes en ciencias basadas mayoritariamente en los aportes del constructivismo (Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Salinas de Sandoval y Colombo de Cudmani, 1992; Perales, 1994; Martínez Torregrosa, Osuna y Verdú; 1999; Verdú, 2004; Sokoloff y Thornton, 1997, 2004; McDermott y Shaffer, 2001; entre otros).

Así también, autores como Sokoloff y Thornton, (1997, 2004); Hake, (1998); McDermott y Shaffer (2001) coinciden en afirmar que estrategias de enseñanza para el aprendizaje activo son de gran ayuda para la mejora del aprendizaje conceptual de los diferentes temas que se abordan tanto en el nivel universitario como en el secundario. Las metodologías de aprendizaje activo, producto, de los últimos 30 años de investigación educativa en física, resultan en un mejoramiento notable en la comprensión conceptual de la física (Thornton, Sokoloff, 1990; Laws, 1991), reproduciendo el proceso científico en el aula y ayudando al desarrollo de las capacidades de razonamiento.

En esta línea, la propuesta aprendizaje activo de óptica y fotónica (originalmente *Active Learning in Optics and Photonics* (ALOP)) desarrollada por un grupo internacional de especialistas convocados por UNESCO (2006) es una estrategia que tiende al aprendizaje conceptual de la óptica geométrica. La metodología ALOP combina actividades de laboratorio, que siguen el modelo de la estrategia de Aprendizaje Activo “Física en Tiempo Real” (o Real Time Physics, RTP), (Sokoloff, et al., 2004a) complementa con las “Clases Demostrativas Interactivas” (CDI), que siguen el modelo de las Interactive Lecture Demonstrations de Sokoloff y Thornton (1997, 2004b).

En este marco, la presente experiencia pretende responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿existe diferencia en el aprendizaje de los estudiantes en óptica geométrica cuando se utilizan métodos tradicionales de enseñanza y metodología ALOP?

Para ello se desarrolla una experiencia áulica donde se compara el aprendizaje conceptual obtenido por dos grupos de estudiantes del último año de la escuela secundaria, un grupo control, que siguió un modelo de instrucción tradicional y el otro, llamado experimental, que siguió el modelo propuesto por el proyecto ALOP.

2. Referentes teóricos-conceptuales

Actualmente existe una amplia literatura, basada en estudios realizados en diversos sistemas educativos, que indican que los estudiantes desarrollan ideas sobre fenómenos naturales mucho antes de que se les enseñe ciencias en la escuela. En algunos casos estas ideas denominadas preconcepciones, ideas intuitivas, esquemas conceptuales alternativos, mini teorías, teorías ingenuas, ideas previas, están de acuerdo con lo aceptado científicamente. En otros casos, hay diferencias significativas entre las nociones de los estudiantes y la ciencia escolar (Driver, 1987).

Quizás el aspecto más preocupante de las ideas previas no sea su existencia, sino su persistencia. Por ello, uno de los temas centrales es determinar cuál estrategia ayuda mejor al alumno en el proceso de adquisición del conocimiento académico (Carretero, 1998). En una propuesta constructivista los estudiantes son el eje y los protagonistas del proceso, son quienes deciden cuándo y cómo aprender mientras que el profesor es sólo un guía que motiva y retroalimenta a los estudiantes.

Si bien la investigación educativa ha demostrado que enseñar recitando es un modo ineficaz de enseñanza y que los estudiantes deben ser intelectualmente activos para desarrollar una comprensión funcional, para la mayoría de los alumnos, la mayor parte de los profesores todavía enseña de manera tradicional, en parte por la tendencia natural a enseñar como ellos han sido enseñados (McDermott, 1997).

Para superar los insatisfactorios aprendizajes de la enseñanza tradicional surgen metodologías para un aprendizaje activo que proponen enfatizar el rol que el

alumno debe tener en el proceso de construcción de su propio conocimiento. En esta aproximación didáctica el docente se transforma en un guía que propone al alumno material científicamente desarrollado para que resuelva sus dificultades de aprendizaje. Este proceso tiene en cuenta, fundamentalmente, la situación inicial de conocimientos del alumno, diseñándose a partir de allí un camino que ayude al estudiante a resolver las inconsistencias y contradicciones entre sus creencias y los resultados experimentales que responden al saber científico aceptado por los expertos de la disciplina (Benegas et al., 2013).

La metodología Real Time Physics, o Física en Tiempo Real, está basada en el trabajo en laboratorio y ha sido diseñada para complementarse tanto con una estructura tradicional de la materia, basada en clases expositivas y resolución de problemas, como con una programación de aprendizaje activo que involucre otras metodologías o estrategias de enseñanza y de aprendizaje. RTP se desarrolla en tres pasos sucesivos: una tarea de predicción, realizada individualmente por el alumno y que debe ser entregada al comienzo del laboratorio. El segundo paso se desarrolla en el laboratorio, con actividades experimentales realizadas por grupos de 3 ó 4 alumnos. Este trabajo es complementado en el último paso por una tarea individual que los estudiantes deben cumplimentar fuera de las horas de clase y entregar antes del próximo laboratorio. La tarea de predicción no es evaluada en ningún caso, pero los autores de la estrategia recomiendan asignar puntaje por su realización, o que sea condición necesaria para realizar el laboratorio. Recomiendan en cambio evaluar tanto la tarea efectuada en el laboratorio como los ejercicios complementarios realizados a posteriori del mismo. RTP utiliza como recursos didácticos el conflicto y puentes cognitivos, a través de un ciclo de aprendizaje que consta de: exploración, introducción y aplicación de conceptos. Algunas de las características comunes a las diversas prácticas (Laboratorios) de esta estrategia son: 1) comprensión por práctica de cómo funcionan los dispositivos de medida, 2) experimentos cualitativos, 3) predicciones, 4) conflicto cognitivo 5) múltiples representaciones, 6) medidas cuantitativas, 7) modelado matemático. Se trata en general que los estudiantes obtengan una percepción del significado de las distintas variables, es decir atendiendo al aprendizaje conceptual como paso inicial y fundamental para comprender la física y poder utilizarla en aplicaciones y posteriores aprendizajes.

Se complementa en este caso con Clases Demostrativas Interactivas que es una estrategia de enseñanza y aprendizaje donde los estudiantes participan activamente debido a que se usa un ciclo de aprendizaje que incluye una predicción escrita de los resultados de un experimento físico real, discusión en grupos pequeños con sus compañeros cercanos, la observación del fenómeno físico en tiempo real y la comparación entre predicción y observación.

3. Aspectos metodológicos

El estudio cuyo objetivo general fue analizar el aprendizaje conceptual logrado por los estudiantes en óptica geométrica, se abordó como una investigación cuasi experimental por comparación de grupos con pre test y pos test. Uno de los grupos es identificado como Grupo Experimental y el otro como Grupo Control. Al primero se les impartió clases basadas en la metodología ALOP. En el segundo grupo se desarrollaron los temas siguiendo una metodología tradicional donde predominaron las exposiciones del profesor y la resolución de problemas, siempre siguiendo aquella ejemplificada por el profesor. Los dos grupos de 28 alumnos cada uno pertenecen al sexto año de la educación secundaria, comparten el mismo plan de estudio y condiciones de enseñanza (laboratorios, tiempo de enseñanza, exámenes, etc.). La edad promedio de los estudiantes en el momento de la implementación era de 17 años.

Los conceptos físicos que se abordaron en ambos grupos (experimental y control) son los relacionados con Óptica Geométrica (Introducción a la Óptica Geométrica y Formación de Imágenes con Lentes).

A fin de comparar la efectividad de cada una de las metodologías se utilizó una prueba que contiene 34 ítems de opción múltiple tomados del test Evaluación Conceptual de Luz y Óptica (Light and Optics Conceptual Evaluation, LOCE). El test ha sido desarrollado por David Sokoloff (University of Oregon), Priscilla Laws (Dickinson College) y Ronald Thornton (Tufts University). Es un test de lápiz y papel que los alumnos resuelven individualmente. Cada ítem del test presenta una opción correcta y entre cinco y siete incorrectas que se corresponden a las preconcepciones más comunes que tienen los estudiantes sobre el tema. Con esta característica el test no solo permite evaluar cuánto sabe un estudiante sino también

cuáles son sus ideas alternativas. Los temas evaluados en la prueba son: reflexión de la luz (espejo plano), refracción de la luz en superficies planas, reflexión total. Lentes: distancia focal, lupa, corrección de la visión lejana y cercana, lentes convergentes y divergentes: descripción de la imagen de un objeto en relación a la posición del objeto frente a la lente, características de las lentes correctivas de la miopía y la hipermetropía, características de la imagen.

En la Tabla 1 se indican los conceptos evaluados en la prueba y los ítems correspondientes.

CONCEPTOS		PREGUNTAS DEL TEST
A.- Reflexión de la luz- espejo plano		1-2-3-4-5
B.-Refracción de la luz en superficies planas- reflexión total		6-7-8-9-10
C.- Lentes: distancia focal, lupa, corrección de la visión lejana y cercana	Lentes	11-12-13-14-15-16-17
D.-Lentes convergentes y divergentes: descripción de la imagen de un objeto en relación a la posición del objeto frente a la lente		18-19-20-21-22
E.-Características de las lentes correctivas de la miopía y la hipermetropía	Anomalías de la visión	23-24
F.-Características de la imagen	Lentes	25-26-27-28-29-30-31-32-33-34

Tabla 1: *Contenidos de óptica evaluados en la prueba y el número de los ítems correspondientes.*

Para cuantificar el aprendizaje conceptual se utilizó el valor de la ganancia intrínseca (Hake, 1998), dada por $g = (< \text{post-pre}>) / (100-< \text{pre}>)$ donde los

corchetes < > indican rendimiento medio de toda la clase. Este factor puede tomar valores entre 0 y 1 donde el 0 indica que no hubo aprendizaje y el 1 corresponde al máximo aprendizaje posible. Hake (1998) realizó los estudios en mecánica y los cursos evaluados por él fueron preclasificados de acuerdo a la metodología de instrucción utilizada logrando factores más altos aquellos que utilizaban estrategias para el aprendizaje activo. A partir de ese trabajo propone categorizar los resultados de la instrucción definiendo (siguiendo a Hake, 1998) una zona de ganancia baja ($g < 0,3$); otra zona de ganancia media ($0,3 \leq g < 0,7$) y una zona de ganancia alta con $g \geq 0,7$.

4. Resultados alcanzados y/o esperados

Al inicio de la experiencia los dos grupos respondieron el cuestionario de 34 ítems con la finalidad de conocer el estado conceptual inicial de estos temas de óptica geométrica (pre-test). Una vez finalizada la instrucción en ambos grupos se procedió a tomar el mismo test (pos-test), con el fin de conocer tanto el conocimiento final como determinar la ganancia de aprendizaje en cada uno de los grupos estudiados. El desempeño por ítem, en ambos tests, de los grupos experimental y control se presentan en las Figuras 1 y 2 respectivamente.

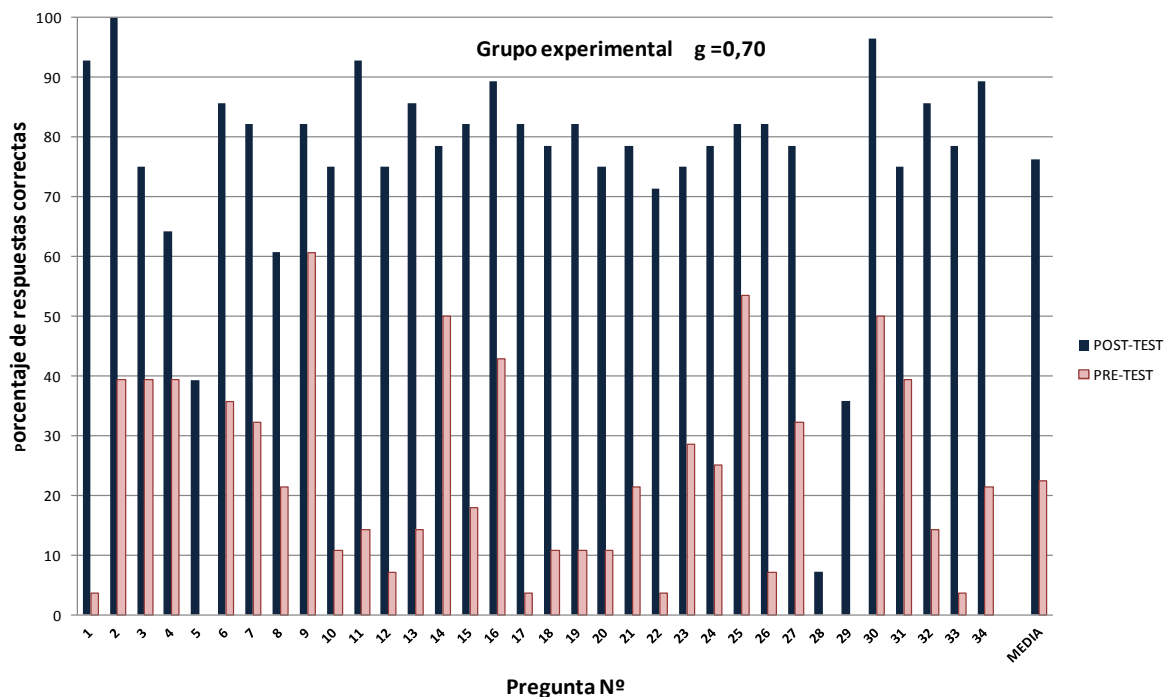


Figura 1: Rendimiento promedio (%) post y pre instrucción del grupo experimental en las 34 preguntas de la prueba. Las dos últimas barras a la derecha muestran el

rendimiento medio de todo el curso. Se indica también la ganancia intrínseca $g_{exp}=0,70$.

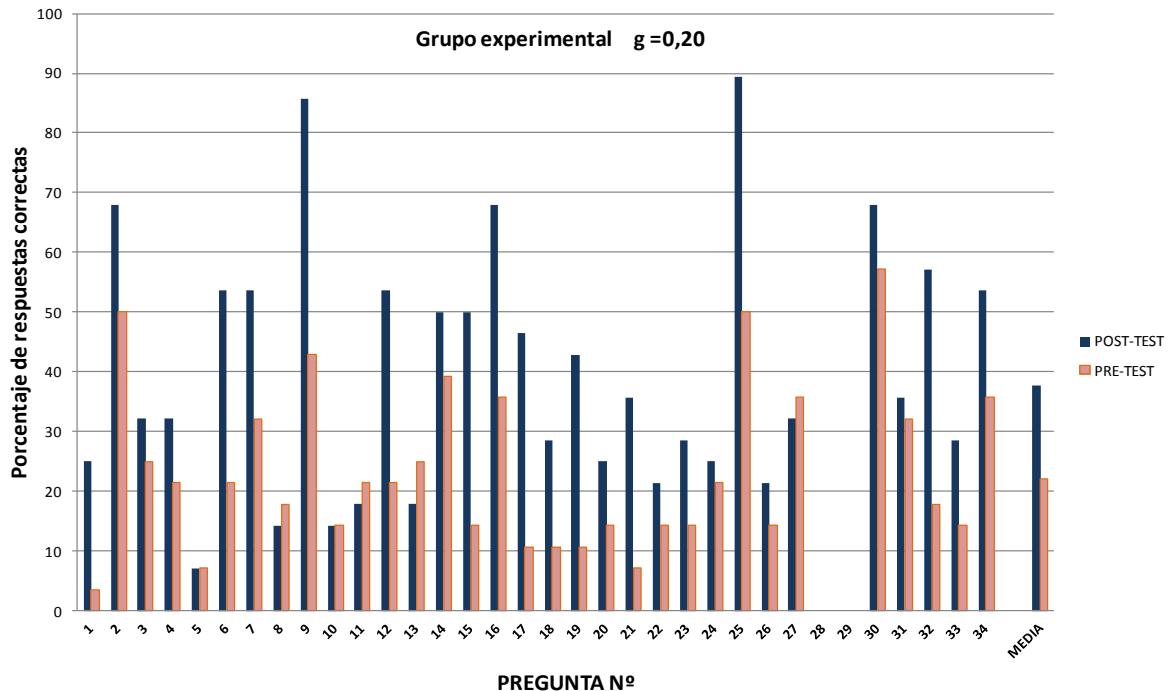


Figura 2: Rendimiento promedio (%) post y pre instrucción del grupo control en las 34 preguntas de la prueba. Las dos últimas barras a la derecha muestran el rendimiento medio de todo el curso. Se indica también la ganancia intrínseca $g_{exp}=0,20$.

Como se observa en las Figuras 1 y 2 el porcentaje de respuestas correctas pre instrucción es similar (22%) en los dos grupos. Pos instrucción el porcentaje promedio de respuestas correctas en el grupo experimental es del 76% mientras que en el grupo control es del 38%. El grupo experimental obtiene una excelente ganancia intrínseca ($g_{exp}=0,70$) mientras que el grupo control logra una ganancia baja ($g_c=0,20$).

En estos casos también es importante determinar como esa ganancia grupal es distribuida entre los alumnos de cada curso. Para ello en las Figuras 3 y 4 se presenta el rendimiento medio (en porcentaje) de cada alumno, del grupo experimental y control, respectivamente.

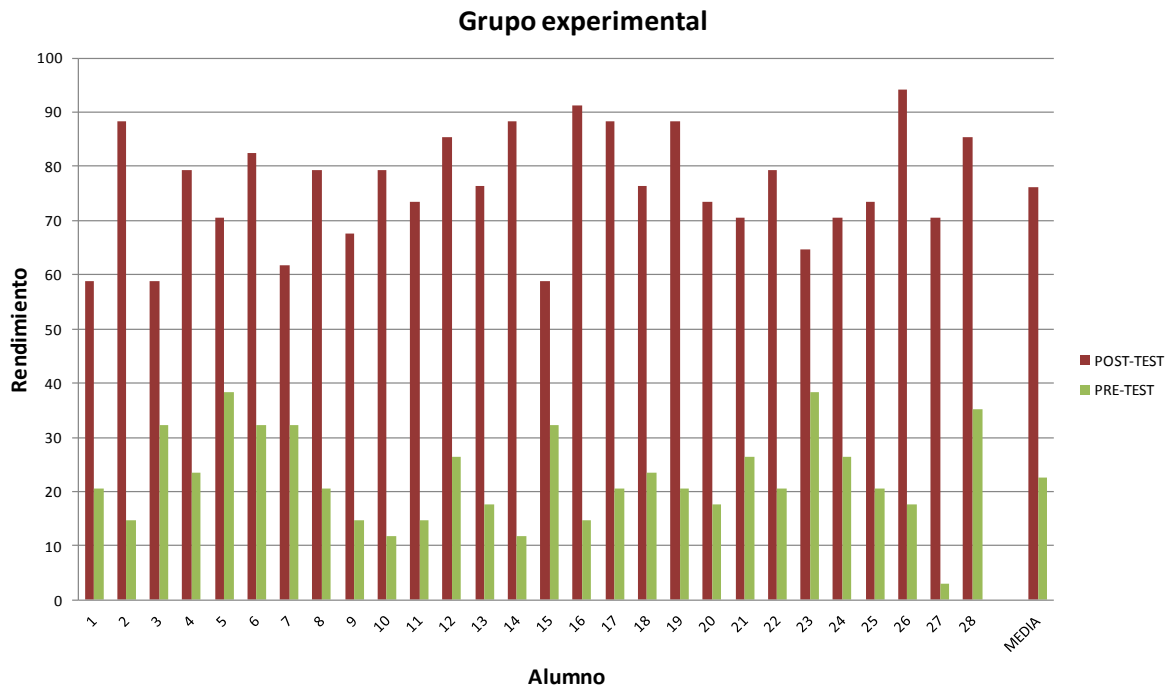


Figura 3: Rendimiento medio (%) de los 28 alumnos del grupo experimental en los 34 ítems de la prueba. Las dos últimas barras a la derecha muestran el rendimiento medio post y pre instrucción de todo el grupo.

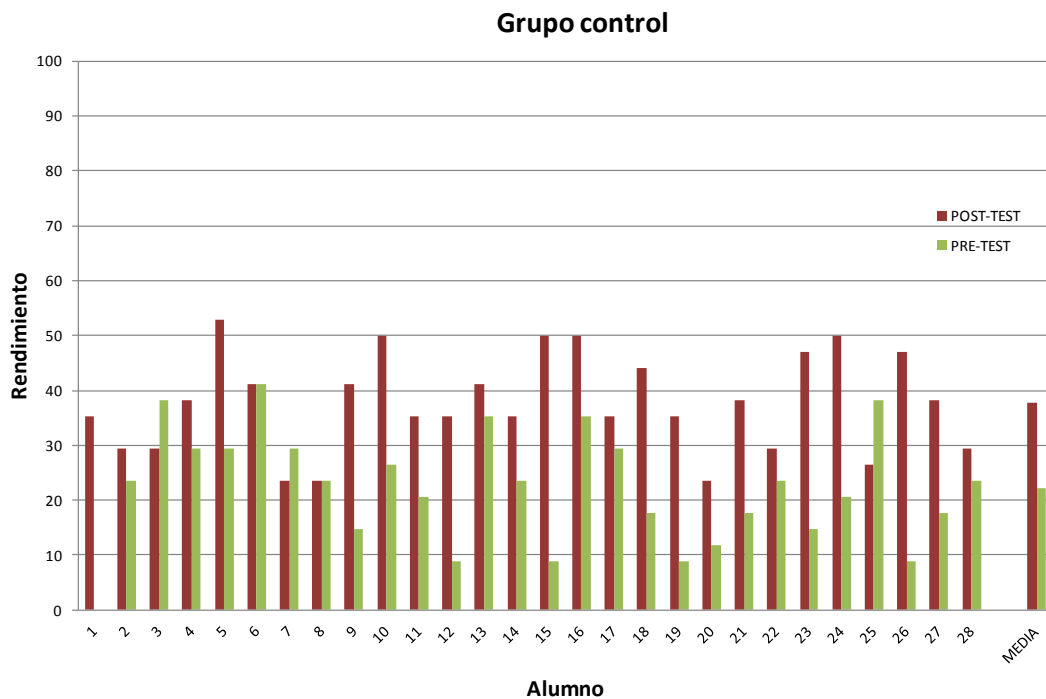


Figura 4: Rendimiento medio (%) de los 28 alumnos del grupo control en los 34 ítems de la prueba. Las dos últimas barras a la derecha muestran el rendimiento medio post y pre instrucción de todo el grupo.

Al comparar las Figuras 3 y 4 puede observarse que el 75% de los alumnos en el grupo experimental tiene un porcentaje de aciertos igual o mayor del 70% mientras que en el grupo control sólo el 18% logra un porcentaje de aciertos superior al 50%.

La Figura 5 presenta la fracción de cada una de las muestras (experimental y control) según cuartiles de rendimiento en el postest de LOCE.

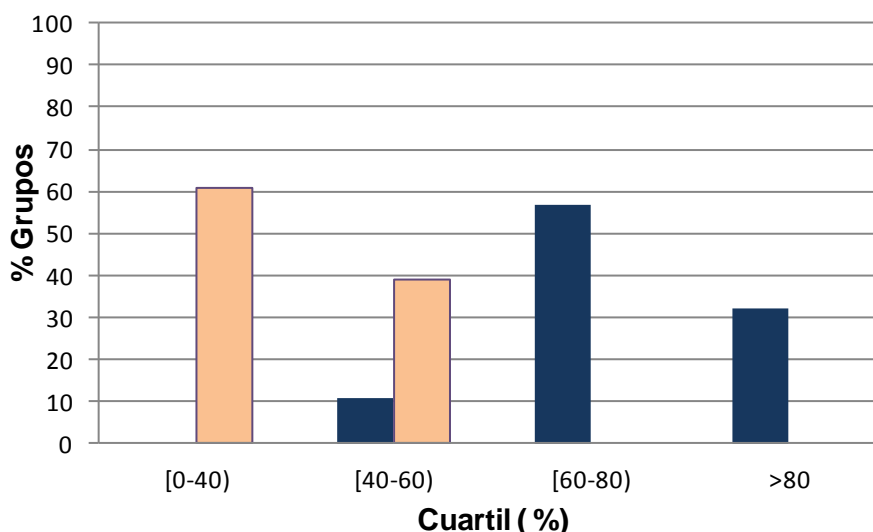


Figura 5: Agrupamiento (en %) de los estudiantes del grupo control, barras claras y experimental barras oscuras por cuartiles de rendimiento en la 34 preguntas de LOCE después de la instrucción.

Los dos primeros cuartiles, con rendimientos inferiores al 40% y los comprendidos entre 40% y 60%, representan aquellos alumnos de aprendizajes deficientes. Se observa que todos de los alumnos del grupo control están en estos dos cuartiles, mientras que apenas una fracción de los alumnos del grupo experimental esta en segundo cuartil. Los dos cuartiles superiores (entre 60 y 80%, y más de 80%) indican un conocimiento básico y un conocimiento acabado del modelo científico en óptica geométrica. Es notable que ningún alumno del grupo control tenga ese rendimiento, mientras que el 89% del grupo experimental muestra el excelente dominio del marco científico que persigue la instrucción.

En la Tabla 2 se presenta el cálculo de la ganancia normalizada (Hake, 1998) por grupo y por bloque de contenido teniendo en cuenta los resultados presentados en las Figuras 1 y 2.

Conceptos		Ganancia normalizada grupo control	Ganancia normalizada grupo experimental
A.-Reflexión de la luz- espejo plano		0,15	0,66
B.-Refracción de la luz en superficies planas- reflexión total		0,25	0,66
C.-Lentes: distancia focal, lupa, corrección de la visión lejana y cercana	Lentes	0,26	0,79
D.-Lentes convergentes y divergentes: descripción de la imagen de un objeto en relación a la posición del objeto frente a la lente		0,22	0,74
E.-Características de las lentes correctivas de la miopía y la hipermetropía	Anomalías de la visión	0,11	0,74
F.-Características de la imagen	Lentes	0,17	0,63

Tabla 2: Ganancia normalizada promedio por grupo y por bloque de contenido

La Figura 6 muestra la ganancia normalizada promedio en cada grupo y por conceptos tomando como referencia la Tabla 2.

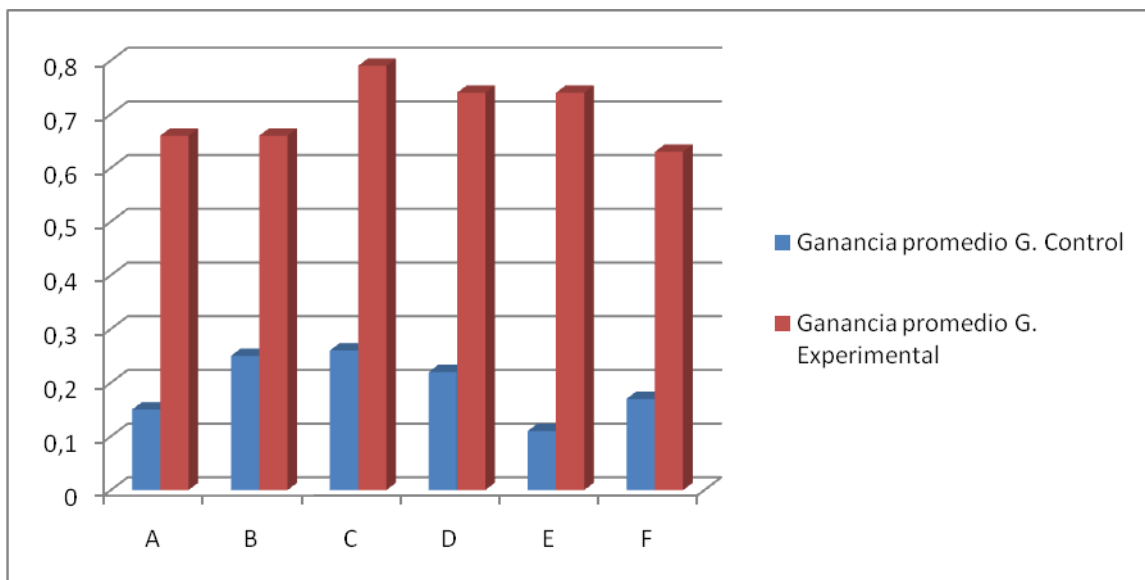


Figura 6: Ganancia normalizada promedio por grupo y por conceptos (Referencia: Tabla 2)

De las gráficas anteriores es clara y contundente la diferencia en el rendimiento a favor del grupo experimental. La instrucción tradicional produjo una muy leve modificación de las preconcepciones en los estudiantes (del 22% preinstruccional de aciertos se pasó al 38%). En el caso de utilizar metodologías que promueven un aprendizaje activo de la óptica de un 22% de aciertos pasó al 76%, observándose una mejora conceptual en todos los integrantes de la muestra experimental.

A partir del trabajo de Hake (1998) que propone categorizar los resultados de la instrucción en las llamadas zonas de ganancia y de acuerdo al resultado obtenido se puede afirmar que el grupo control con una $g_c = 0,20$ se encuentra en una zona de ganancia baja ($g < 0,3$) característico de los valores obtenidos por cursos que utilizan instrucción tradicional. El curso experimental con $g_{exp} = 0,70$ se ubica en la zona de ganancia alta con ($g \geq 0,7$) que se corresponde con cursos que trabajan en el aula con metodologías para un aprendizaje activo (Hake, 1998).

Conclusiones

En este trabajo presentamos los resultados de una investigación que indagó el aprendizaje conceptual de estudiantes de sexto año de una escuela secundaria en óptica geométrica. Se utilizaron dos clases equivalentes, una donde se siguió la metodología tradicional de enseñanza centrada en la labor del profesor, y otra experimental, donde se siguió una estrategia de aprendizaje activo de la óptica, desarrollada por el proyecto ALOP de UNESCO. El conocimiento conceptual fue determinado utilizando una prueba de 34 ítems de opción múltiple. Se determinó que el conocimiento pre-instrucción era muy pobre y equivalente en ambos grupos, mientras que existieron diferencias sustanciales luego de la instrucción (Figuras 1 y 2). Se determinó además que la excelente ganancia lograda en el curso experimental fue homogéneamente distribuida entre la gran mayoría de los alumnos del grupo experimental. Esta situación contrastó fuertemente con lo obtenido en el grupo control, donde solo unos pocos alumnos lograron aprendizajes de alguna significación. Tal como lo representan las Figuras 3 y 4 esta relevante característica, similar a la conseguida por metodologías de aprendizaje activo en otros temas de física (mecánica y electricidad y magnetismo) y contextos educativos (Benegas et al., 2013), reafirma la conveniencia de adoptar, en nuestras escuelas secundarias

metodologías de aprendizaje activo para la enseñanza de la física, promoviendo fuertemente la participación activa y el compromiso de los estudiantes en sus propios aprendizajes. Estas conclusiones, que ya han sido puntualizadas para otros niveles y contextos educativos (Hake, 1998), deberían guiar la tan ansiada reforma educativa de la enseñanza de las ciencias.

5. Bibliografía

Benegas, J. y Villegas, M., (2006). La Enseñanza Activa de la Física: La Experiencia de la UNSL, IX Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física, San José de Costa Rica, Costa Rica.

Benegas, J y Villegas, M. (2013). El aprendizaje activo y la enseñanza de la Física. En J. Benegas, J.; M. C. Pérez de Landazábal y J. Otero. *El aprendizaje activo de la física básica universitaria*. España: Andavira Editora.

Benegas, J. y Villegas, M., Pérez de Landazabal, Ma. C; Otero, J. (2009). Conocimiento conceptual de física básica en ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en cinco universidades de España, Argentina y Chile. *Revista Iberoamericana de Física* 5, 35-43.

Carretero, M. (1998). Constructivismo ‘mon amour’” en Baquero, R. et al. *Debates constructivistas*. Buenos Aires: Aique

Driver, R. (1987). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias: Investigación Experiencias Didácticas. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. Leeds (England). Conferencia invitada en el II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. Valencia (Versión de J. Martínez Torregrosa).

Ganimian, A. J. (2013). No logramos mejorar: Informe sobre el desempeño de Argentina en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) 2012. Ciudad de Buenos Aires, Argentina: Proyecto Educar 2050.

Gil, D. y Martínez Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.

Hake, R. (1998). Interactive engagement vs. traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics. *Am. J. Phys.* 66(1), pp.64-74.

Laws, P. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics Today* 44:12, 24-31.

Martínez Torregrosa, J. Osuna, L. y Verdú, R. (1999). La luz y la visión en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Educación Abierta. Aspectos didácticos de Física y Química. Física 8*, 69-101.

McDermott L.C., Shaffer P.S. (2001). *Tutoriales para Física Introductoria* Buenos Aires: Prentice Hall.

McDermott, L.C. (1997). Concepciones de los alumnos y resolución de problemas en mecánica. En Resultados de investigaciones en didáctica de la Física en la formación de docentes. Francia: Comisión Internacional de la Enseñanza de la Física ICPE, 1998. Disponible en <http://icar.univ-lyon2.fr/Equipe2/coast/ressources/ICPE/espagnol/toc.asp>

Perales, F.J., (1994). Enseñanza de la óptica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1, 133-137.

Pérez de Landazabal, Ma. C; Cabrera, S., Espejo, A.; Macías, A.; Otero, J. (2013). Comprensión de Conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la Universidad en España e Iberoamérica. En J. Benegas, J.; M. C. Pérez de Landazabal y J. Otero (editores). *El aprendizaje activo de la física básica universitaria*. España: Andavira Editora.

Salinas de Sandoval, J.; Colombo de Cudmani, L. (1992). Los Laboratorios de Física de ciclos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza de la Física*. 5(2). 10-17.

Sokoloff, D. y Thornton, R (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to create and active learning environment. *The Physics Teacher* 3

Sokoloff, D. R., Thornton, R. K. and Laws P. (2004a). *Real time Physics*. Module 1: Mechanics, Module 2: Heat and Thermodynamics, Module 3: Electric Circuits and Module 4: Light and Optics. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley.

Sokoloff, D. y Thornton, R. (2004b). *Interactive Lecture Demonstrations, Hoboken, NJ Wiley*.6:6, 340.

UNESCO. (2006). *Manual de entrenamiento, Aprendizaje activo de óptica y fotónica*.

Verdú, R. (2004). *La estructura problematizada de los temas y cursos de Física. La estructura problematizada de los temas y cursos de Física y Química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje*. Tesis doctoral. Universitat de València.

