

EL ANÁLISIS CUALITATIVO EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE FÍSICA Y SU INFLUENCIA EN EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

**(The qualitative analysis in the resolution of Physics problems and its influence in the
meaningful learning)**

Irene Lucero

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura- UNNE- Corrientes- Argentina

Sonia Concari

Roberto Pozzo

Facultad de Ingeniería Química- UNL- Santa Fé- Argentina

Resumen

Esta es una investigación educativa en el área de la enseñanza de la Física, referida a estrategias didácticas que favorezcan el aprendizaje significativo. El foco de la cuestión se centró en la resolución de problemas como una de las estrategias favoritas, tratando de analizar la efectividad de los "problemas cualitativos" para favorecer el aprendizaje significativo, que es puesto en evidencia a través del rendimiento académico de los alumnos en el examen parcial. El estudio comparativo permite mostrar, en el contexto en el que fue desarrollado, que el uso prioritario de los problemas cualitativos, en las clases de trabajos prácticos, contribuye eficazmente al logro de aprendizajes significativos de los contenidos involucrados, obteniéndose más alumnos aprobados en el examen parcial.

Palabras claves: aprendizaje significativo- física- problemas cualitativos

Abstract

This is an educational research in the area of Physics teaching. It attends to didactic strategies that favor meaningful learning. The study, centered in problem solving as one of the favorite strategies, analyzes the efficiency of "qualitative problems" to favor meaningful learning, that is revealed through student's academic performance in a partial test. In the context in which it was developed, a comparative study shows that the preferential use of qualitative problems contributes effectively to achieve meaningful learning of the involved contents. This fact may be stated as there were more students of the experimental group that approved the partial examination than those of the test group.

Keywords : meaningful learning- physics- qualitative problems

Introducción y planteo del problema

La tendencia más actual en el campo de la enseñanza de las ciencias, en particular de la Física, es la dada por el enfoque constructivista con énfasis en el aprendizaje significativo, que es el concepto central de la teoría de Ausubel.

Dentro de la comunidad educativa está aceptado que los grandes propósitos de la enseñanza de la Física en el ciclo básico universitario, pueden resumirse en estos dos:

- ? Brindar a los estudiantes los sólidos conocimientos de la disciplina para poder abordar las problemáticas específicas de un campo profesional determinado y absorber las nuevas tecnologías que vienen y que vendrán, en la sociedad cambiante del mundo moderno
- ? Desarrollar habilidades para el funcionamiento autónomo en los estudios científicos y en la resolución de problemas prácticos inherentes a cada profesión

Es sabido que, cualquiera sea el área de la Física que se enseñe, los estudiantes presentan serias dificultades para la adquisición de los sólidos conocimientos que le permitan abordar los problemas específicos de su profesión.

El accionar diario como docentes a cargo de los trabajos prácticos de las clases de Física II - Óptica y Sonido- de la Facultad mostró indicios que llevaron a reflexionar sobre el proceso enseñanza - aprendizaje desarrollado hasta el momento. Estos indicios fueron:

- ✍ Los estudiantes trabajan en las clases de problemas buscando afanosamente fórmulas que los conduzcan a los resultados correctos.
- ✍ Los estudiantes trabajan en el laboratorio en forma automática, operando correctamente dispositivos, pero fracasan cada vez que deban analizar los fenómenos involucrados en la experiencia.
- ✍ Presentan dificultades para:
 - ? Describir con palabras un fenómeno en cuestión.
 - ? Interpretar físicamente un resultado numérico obtenido.
 - ? Explicar conceptualmente una situación problemática planteada.
 - ? Justificar una respuesta a la luz de conceptos teóricos involucrados.
 - ? Analizar los fenómenos involucrados en un trabajo experimental.
 - ? Poder conectar la descripción formal de la formación de imágenes con lo que se ve en dispositivos ópticos sencillos.
 - ? Comprender conceptualmente el proceso de formación de imágenes, aunque sean capaces de hacer trazados de rayos.
 - ? Vincular las características y tipo de objetos e imagen, con los resultados obtenidos por el cálculo matemático.
 - ? Especificar los cambios que se pueden dar en una figura de interferencia o de difracción, de acuerdo con los parámetros del sistema utilizado.
 - ? Interpretar el rol que juegan las características de la radiación luminosa, el estado de polarización, el dimensionamiento del sistema físico, en experiencias de interferencia, polarización y difracción.

Estas dificultades concuerdan con las ya citadas en los resultados de trabajos de investigación en el ámbito del aprendizaje de la óptica, como los de Salinas- Sandoval (1999) que toman resultados de Goldberg y McDermonnt (1986, 1987), en el ámbito de la óptica geométrica, y Cudmani,- Salinas- Pesa (1989) en óptica Física.

Por otra parte, el esquema de instrucción, en las clases Óptica, que reciben los estudiantes de la Facultad, responde a una distribución semanal de dos clases teóricas, no obligatorias, de 2 horas cada una; una clase de problemas de 3,5 horas, obligatoria y dos clases de laboratorio de 4 horas cada una. A estas actividades se suman horarios de consulta, colectivos o individuales, optativos. Este esquema rígido, que favorece una disociación

teoría-práctica, sumado a las cargas horarias de las otras dos materias que se cursan simultáneamente con Óptica y a que los estudiantes son de segundo año y todavía se les hace difícil adquirir hábitos de aprendizaje autónomo, dificulta la adquisición de aprendizaje significativo de los contenidos del programa.

Surge entonces la preocupación de ¿qué hacer, desde las clases prácticas, para favorecer el aprendizaje significativo de la Física por parte de los estudiantes?, ¿qué estrategia buscar, para dentro de este esquema organizacional, ayudar a los estudiantes, a sortear la brecha entre teoría – práctica?, ¿cómo contribuir a que comprendan que los conceptos y leyes a aprender son los mismos, y que en cada uno de estos tipos de clases se los aborda desde perspectivas diferentes?

Esta problemática lleva a pensar que es necesario introducir alguna estrategia didáctica que favorezca el aprendizaje significativo, es decir que permitan la construcción de significados, favoreciendo el protagonismo de los alumnos en el proceso enseñanza - aprendizaje.

Marco teórico

Según la teoría del aprendizaje de Ausubel, el aprendizaje significativo es aquél en el que la información nueva adquiere significado para el que aprende a través de una interacción con aspectos relevantes ya existentes en su estructura cognitiva. Esos aspectos que existen en la estructura cognitiva sirven de anclaje a la nueva información de modo que ella adquiera significado para el individuo.

A medida que va ocurriendo el aprendizaje significativo, la estructura cognitiva del individuo funciona dinámicamente ya que se modifica constantemente, ésta es la construcción que realiza el individuo. Aprender significados es realizar un proceso de construcción, modificando las ideas que se tienen como consecuencia de la interacción con la información nueva.

En este sentido, dentro del área de enseñanza de la Física hay un acuerdo generalizado de que la resolución de problemas es una actividad de innegable importancia para producir aprendizajes significativos, dado que ayuda a los estudiantes a reforzar y clarificar los principios que se enseñan, obligándolos a poner constantemente sus conocimientos a prueba y en práctica. Ausubel mismo en su obra se refiere específicamente a la resolución de problemas, "*a los que pone como ejemplo cumbre de significatividad y autonomía*" (Gangoso, 1999- p 11).

Es sabido que la resolución de problemas no sólo abarca el aspecto cognoscitivo del aprendizaje de conceptos, leyes y teorías, sino que es también un medio para el ejercicio de la mente, de los procesos reflexivos, permitiendo además desarrollar sentimientos afectivos de satisfacción al haber llegado a la meta deseada.

Cada vez que se diga que resolver problemas permite el desarrollo de procesos reflexivos, se está vinculando resolución de problemas con aprendizaje significativo, dado que toda reflexión acaecida en la mente pone en juego la interacción entre los esquemas previos y la nueva información.

Según la literatura especializada hay muchas definiciones de "problema" y distintas clasificaciones; de todos modos, entre los investigadores dedicados a la resolución de problemas en ciencias existe un consenso en considerar que *"un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos no conocen los medios o caminos evidentes para obtenerla"* (Kudlik y Rudnik, 1980 en Gil Pérez y otros, 1988 p 6).

Según el criterio adoptado, los problemas pueden clasificarse de distintas maneras. Perales Palacios (2000), según la tarea requerida para su resolución los clasifica en: problemas cuantitativos, los que demandan determinaciones numéricas, empleando ecuaciones y algoritmos de resolución; problemas cualitativos, cuando requiere de razonamientos lógicos deductivos que llevan a una explicación científica de la cuestión; y problemas experimentales, cuando se necesita recurrir a actividades específicas de manipuleo de material de laboratorio.

Pozo y otros (1995- p22), diferencian entre problemas cualitativos, como *"problemas abiertos en los que se debe predecir o explicar un hecho, analizar situaciones cotidianas y científicas e interpretarlas a partir de los conocimientos personales y/o del marco conceptual que proporciona la ciencia"* y problemas cuantitativos, aquellos en los que se traduce la información de un código a otro o a un lenguaje distinto por medio del uso de lenguajes científicos como sistemas de representación del conocimiento.

Los problemas cualitativos permiten al alumno hacer reflexionar sobre sus conocimientos, permitiendo la aplicación de los mismos al análisis de un fenómeno, los cuantitativos *"entrenan al alumno en técnicas de trabajo cuantitativo que le ayudan a comprender los modelos científicos"* (Pozo y otros, 1995- p 22).

El análisis cualitativo de una situación permite hacerse una idea de la situación, identificar las variables intervinientes en el fenómeno y sus relaciones relevantes, clarificar el objetivo de la situación y diseñar estrategias de solución fundamentadas que permitan explicar los resultados a los que se arriban, evitando que el alumno busque afanosamente fórmulas adecuadas para vincular los datos presentados, buscando un resultado numérico sin algún significado físico relevante. El análisis cualitativo exige una lectura comprensiva del enunciado del problema, para poder identificar cuál es el problema real y el área de conocimientos pertinente; involucra un análisis conceptual profundo de la situación en estudio, a la luz de las teorías y principios que sustentan el fenómeno; es ahí donde radica su potencialidad para provocar aprendizajes significativos.

Hay que destacar también que la Física hace uso de modelos matemáticos. Una fórmula interpretada no es más que un modelo representativo del fenómeno. Para los estudiantes, generalmente las ecuaciones matemáticas de las leyes físicas no son más que relaciones abstractas entre las variables involucradas, no logran comprender, a la luz de los conceptos, lo que ellas están significando. De ahí que en la resolución de problemas es importante, el análisis cualitativo de las expresiones matemáticas involucradas en el fenómeno en estudio, para tomar ideas de las variaciones que se pueden dar, al cambiar alguna de las variables intervinientes. Comprender el significado de la fórmula, demostraría la comprensión del modelo explicativo del fenómeno, acusando un aprendizaje más significativo que el mero uso algebraico de fórmulas y datos numéricos.

Objetivos e hipótesis

Esta investigación está centrada en la resolución de problemas como estrategia para la enseñanza de la Física, tratando de analizar la potencialidad de los llamados "problemas cualitativos" para favorecer el aprendizaje significativo, que es puesto en evidencia a través del rendimiento académico de los estudiantes en el examen parcial de la asignatura en la que se lleva a cabo el estudio.

Se maneja la siguiente hipótesis de trabajo:

Si en las clases de resolución de problemas, se trabaja mayoritariamente, dando más peso, a los problemas cualitativos, dejando aquellos de resolución típicamente numérica como actividades complementarias, se favorecería el aprendizaje significativo de los temas en cuestión, lo que debería manifestarse en un mayor rendimiento académico de los estudiantes.

El concepto de problema cualitativo que se considera en esta investigación es:

Aquella situación acotada o abierta, en la cual los datos numéricos son mínimos o no existen. Aparece como un cuestionamiento que no explicita en forma directa la orden de calcular el valor de alguna magnitud determinada del fenómeno en estudio, aunque, a veces, sea necesario recurrir a algún cálculo, que luego de ser interpretado conceptualmente, dé la solución al problema.

Definido de esta manera el problema cualitativo, no necesariamente será una situación abierta que admita distintas soluciones, ni tampoco será una situación donde las expresiones matemáticas no entren en juego para la resolución, sino que de ser usadas exigirá que esté acompañada de alguna interpretación conceptual, que lleve a un análisis de las variables intervinientes en el fenómeno y de cómo afecta al sistema físico involucrado, la variación de alguna de ellas. Con estas ideas, un "buen análisis cualitativo" de la situación física involucrada en el problema exige una lectura comprensiva del enunciado, para poder identificar cuál es el problema real y el área de conocimientos pertinentes, necesitando un análisis conceptual profundo de la situación, a la luz de las teorías y principios que la sustentan, tanto en sus expresiones conceptuales como matemáticas. La resolución completa involucraría procesos de identificación, clasificación, discriminación, relación, análisis y, en ciertos casos, cálculo.

Metodología

Se adoptó un diseño experimental, que permite hacer un estudio comparativo entre el grupo en el que se aplica la experiencia en forma piloto (grupo experimental, GE) y el grupo en el que se desarrollan las clases de problemas en su forma habitual (grupo de control o testeo, GT).

El estudio se realizó en dos años consecutivos del dictado de Física II, donde la secuencia didáctica en las clases de problemas, seguía las siguientes etapas, que permiten la discusión entre los alumnos:

- ? Inicio con preguntas cuestionadoras a cargo del profesor, para fomentar interacción.
- ? Explicación expositiva breve, por parte del profesor, de los conceptos fundamentales que servirán de anclaje
- ? Trabajo de los estudiantes en pequeños grupos, con las situaciones de la serie de problemas. Profesor orienta a requerimiento de los grupos, fomentando en los estudiantes la reflexión y el análisis.
- ? Designación a cada grupo de un problema para explicitar su solución en plenario.
- ? Trabajo en los grupos pequeños
- ? Momento plenario de exposición de las soluciones. Discusión y defensa.

En el primer año las clases de problemas fueron desarrolladas con las actividades habituales, en las que se da importancia a los ejercicios y problemas tradicionales de final de capítulo de los libros de textos usuales y que, generalmente, requieren de resoluciones numéricas sin mayores planteos cualitativos. En el año lectivo siguiente, se dictaron las clases de problemas con el enfoque cualitativo, objeto de estudio de este trabajo; en este caso, las actividades de resolución de problemas ponen énfasis en los problemas cualitativos, dejando aquellos de resolución puramente numérica como complementarios. Esto llevó a la reformulación de las series de problemas que se darían en el GE, que presentan entonces, estas características:

- ? Los problemas para ser resueltos en clase, son del tipo de los llamados *problemas cualitativos*, tal como se los ha definido en este trabajo y la cantidad de problemas cualitativos es mayor que la de problemas complementarios.
- ? Las series de problemas cualitativos, presentan al inicio, la leyenda: LA SOLUCIÓN DE CADA PROBLEMA DEBE ESTAR FUNDAMENTADA, a efectos de obligar al estudiante a realizar una reflexión sobre la solución planteada, a la luz de los marcos conceptuales que sustentan el fenómeno.

La elaboración de los problemas cualitativos puede hacerse por redacción de problemas realmente originales o tomando como base los que aparecen como ejercitación en la bibliografía usual, cambiando la forma en que se presenta el cuestionamiento de la situación de la que trata.

La población está constituida por los alumnos que cursan Física II de la Facultad ..., correspondientes a los años lectivos 1999 y 2000. Los del año 2000 conforman el GE, donde se han trabajado todas las clases de problemas con las series de actividades que ponen énfasis en los problemas cualitativos.

Se armaron dos muestras equivalentes de 30 individuos, es decir, que tengan la menor diferencia significativa de modo que permita la comparación entre grupos: Una, denominada muestra experimental (ME) y otra muestra testeo (MT). Las mismas son equivalentes en todo, excepto en el tipo de enfoque dado a las clases de problemas. En la (ME) se trabajó en clase con los problemas cualitativos prioritariamente.

La equivalencia entre las muestras se refiere a equivalencia entre conjuntos de personas en cuanto a variables exógenas consideradas; ellas fueron:

- Condición respecto a las materias correlativas anteriores - condición laboral -
- condición de cursante - cantidad de materias que cursa en el cuatrimestre.

La conformación se hizo siguiendo el criterio de asignación proporcional de individuos según las categorías dadas por las variables exógenas.

Fue importante además establecer la equivalencia en cuanto a los conocimientos previos con los que los estudiantes llegan al curso de óptica. Para ello se empleó la prueba *t* de Student para establecer si las muestras difieren significativamente en cuanto a las medias del puntaje total obtenido en el test inicial, que sirvió para indagar los conocimientos previos. El resultado obtenido del cálculo de *t*, - 0,3241 fue comparado con los valores críticos correspondientes ($-_{0975} t_{58}$ y $_{0975} t_{58}$), - 2,002 y 2,002, indicando que no existe diferencia significativa en ambas muestras, con un nivel de significación del 5 %, entonces, las muestras son consideradas equivalentes.

Se trabajó con fuentes de datos primarios, que fueron recolectados en el transcurso del dictado de la materia en los dos años lectivos considerados para este estudio, empleando como instrumentos de recolección, el test inicial que se usa habitualmente en la cátedra y el segundo examen parcial. Éste, es una instancia de evaluación sumativa donde, de alguna manera, permite medir el logro de aprendizajes alcanzados de los contenidos involucrados.

Para determinar la consistencia interna de los instrumentos se calculó el coeficiente alfa de Cronbach y el cálculo de las correlaciones de Pearson ítem - total, sirvió para depurar el instrumento, eliminando los ítems de bajas correlaciones.

Como los grupos experimental y testeo corresponden a años diferentes y consecutivos y no es posible aplicar el mismo temario de examen en años consecutivos, para mantener la equivalencia entre instrumentos, en la redacción de los mismos se tuvo en cuenta que: tengan la misma cantidad de ítems, presenten la misma dificultad en la resolución y similitud de redacción, involucren los mismos conceptos físicos en la situaciones presentadas.

Para evaluar la equivalencia entre temarios se realizó consulta a expertos, otros docentes/investigadores del Departamento de Física de nuestra facultad y de la Facultad ..., actuaron como jueces externos, cuyas opiniones críticas sirvieron para realizar los ajustes necesarios.

Para contrastar la hipótesis del trabajo, se midió el rendimiento académico de los estudiantes en los exámenes parciales de la materia. Tanto en el GE como en el GT, las actividades desarrolladas por los estudiantes, en cuanto a clases teóricas, de problemas y de laboratorio, fueron las mismas, dictadas en los mismos días y horarios y los mismos docentes a cargo, en los dos años considerados para este estudio. La diferencia sólo radicó en el tipo de series de problemas que fueron utilizadas para el desarrollo de las clases de problemas, que fueron elaboradas especialmente para este estudio, poniendo marcado énfasis en problemas cualitativos que eran trabajados en la clase, dejando los de resolución puramente numérica como problemas complementarios, que son tratados en las horas de estudio independiente de los alumnos.

Para el estudio se definieron cinco variables agrupadas en tres tipos: a) de conocimientos previos, b) vinculadas con las etapas de la resolución de un problema, c) de logros alcanzados:

- a) **Conocimientos previos:** define el mínimo conocimiento que el alumno posee sobre la luz y los fenómenos ondulatorios antes del desarrollo de la asignatura.

Fue medida a través del puntaje total obtenido en el test inicial dado al inicio de la materia y sobre el cual fue calculada la prueba t de Student que permitió asegurar la equivalencia entre las muestras.

- b) Las tres variables referidas a las etapas de la resolución de problemas se leyeron en forma independiente en cada uno de los ítems considerados en la prueba final; asumían valores nominales a los que se les asignó un puntaje numérico, que permitió hacer los cálculos estadísticos posteriores.

VARIABLE	VALOR	PUNTAJE
Variables relevantes: habilidad del alumno para reconocer y seleccionar las magnitudes físicas involucradas en la situación problemática dada	Bien Mal	1 0
Solución: si el alumno da la solución correcta al problema planteado	Bien Regular Mal	2 1 0
Fundamentación: capacidad del alumno para fundamentar su estrategia de solución o explicar la situación involucrando los conceptos físicos necesarios	Bien Regular Mal	2 1 0

- c) **Rendimiento:** se refiere al rendimiento académico del alumno en el examen parcial.

Fue medido por la calificación total obtenida en la resolución de los problemas planteados en el examen parcial y que son tomados como instrumento de recolección de datos para este estudio.

Si bien en el GE se desarrollaron todas las clases del año con las series de problemas cualitativos, el estudio de resultados se circunscribió a las temáticas de interferencia y polarización de la luz, dado que los contenidos de óptica física son los que presentan más dificultades en los estudiantes a la hora de dar explicaciones conceptuales.

Como instrumento de recolección de datos se tomaron los problemas referidos a interferencia y polarización del segundo parcial, que contiene además otros problemas a resolver que involucran otros temas, no tomados en este estudio. Los problemas considerados conformaban 7 ítems a contestar. En cada uno de ellos se leyó en forma independiente cada una de las variables vinculadas a las etapas de resolución de problemas, obteniendo un puntaje total para cada una de estas variables. Estas situaciones- problemas contenían aspectos cuanti y cualitativos, que involucran la aplicación de conceptos y relaciones en su resolución, de manera tal que permiten evaluar el aprendizaje significativo, según la idea de Ausubel de que: *“La resolución independiente de problemas es a menudo la única manera factible de probar si los estudiantes en realidad comprendieron significativamente”* (Ausubel, 1991, citado en Gangoso, 1999: 6). En el Anexo se han incluido como ejemplo los problemas diseñados, utilizados en el año 2000.

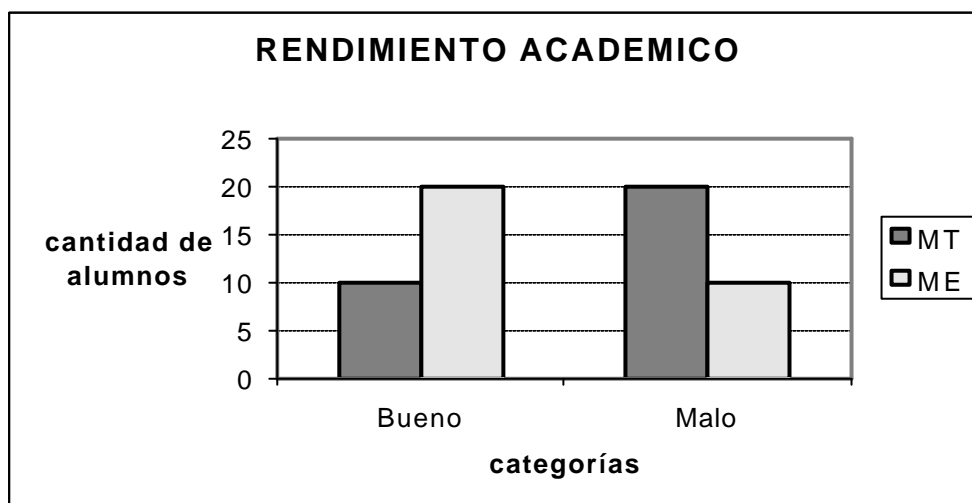
La variable rendimiento se midió a través de la calificación total obtenida en los 7 ítems de la prueba, que formaban parte del examen parcial. Dentro del puntaje del mismo,

cada ítem, de estos 7, valía 5 puntos en caso de estar correctamente respondido. La suma de los puntajes de cada ítem da el puntaje de la prueba, que sirve de medida a la variable rendimiento. Esta variable puede así tomar valores de 0 a 35 puntos. Cabe aclarar que para la corrección se especificó claramente qué debía contener la solución planteada para ir asignando el puntaje en cada ítem, según la solución presentada por el estudiante.

Análisis de resultados

La variable rendimiento es la que está ligada a la hipótesis del trabajo, por ello es importante ver cómo se comporta la misma en ambas muestras. De acuerdo al criterio de corrección la variable rendimiento puede oscilar de 0 a 35 puntos y se ha encontrado que en la MT el máximo puntaje alcanzado es 30, mientras que en la ME es 33. Un solo alumno alcanza 30 puntos en la MT y en la ME 7 alumnos (23%) tienen puntaje mayor o igual a 30. En la MT, 2 alumnos tienen puntaje cero mientras que en la ME ninguno. Un solo alumno tiene puntaje 2 en la ME y es el valor mínimo obtenido.

Dado que para aprobar el examen parcial deben tener puntaje mayor o igual al 60 % del valor máximo, es conveniente agrupar a los alumnos tomando en consideración este criterio (bueno, ≥ 21 y malo, < 21) para tener presente qué porcentaje de la muestra correspondería a alumnos en condiciones de aprobar el parcial. Los resultados se dan en el gráfico siguiente:



Se ve que en la ME se ha obtenido el doble de alumnos con rendimiento bueno que en la MT. Esto indica mejores logros de aprendizaje significativo en la ME.

Por otra parte, se calcularon los parámetros descriptivos simples de las tres variables referidas a las etapas de resolución de un problema y en cada una de ellas se encontró que para la (ME) la media es mayor y la desviación estándar menor que en la (MT). Esto es un indicio de que los estudiantes de la (ME) realizan de mejor manera la identificación de magnitudes involucradas en el fenómeno, la solución de la situación planteada y la fundamentación a la luz de los conceptos teóricos necesarios.

A pesar de estos resultados exitosos, es importante asegurarse que la diferencia entre las muestras sea significativa, como forma de contrastar la hipótesis del trabajo. Para ello se aplicó la prueba t de Student a los puntajes totales de cada una de las variables estudiadas: **variables relevantes, soluciones, fundamentación y rendimiento**, obteniéndose:

	Variables relevantes	Soluciones	Fundamentación	Rendimiento
t calculado	4,86	2,72	3,34	3,61

Para todas las variables el t calculado es mayor que el valor crítico 2,002, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, permitiendo afirmar, con un nivel de significación de 0,05, que existe diferencia significativa entre las muestras. Estos resultados estarían dando cuenta de que la hipótesis del trabajo se verifica. Es decir, que el trabajo con problemas cualitativos, favoreció el aprendizaje significativo.

Conclusiones

Se pretendió evaluar los logros alcanzados por los estudiantes en el examen parcial a través de la resolución de situaciones problemáticas, dado que según la postura de Ausubel, la resolución independiente de problemas es la manera factible de probar si los estudiantes aprendieron significativamente.

A la luz de los resultados obtenidos, la hipótesis del trabajo fue convalidada dado que se obtuvo en la (ME) mejor rendimiento académico que en la (MT). En la (ME) es exactamente el doble de alumnos que los de la (MT), los que obtienen un puntaje mayor o igual al 60 % del valor máximo posible de alcanzar, el cual es considerado como rendimiento bueno. El estudio ha mostrado que en el abordaje de cada una de las etapas básicas de la resolución de un problema, en los contenidos trabajados en esta investigación, referidos a interferencia y polarización de la luz, se ha encontrado diferencia significativa entre las muestras testeó y experimental, siendo que, en la (ME) la cantidad de alumnos que logra puntajes más altos para estas variables es siempre mayor, el doble o más. Esto estaría mostrando que las etapas de resolución del problema son abordadas correctamente, en mayor medida, por los estudiantes de la (ME), evidenciando una comprensión del modelo explicativo del fenómeno y por ende un aprendizaje significativo.

Si bien, este trabajo muy focalizado, permite afirmar que, en el contexto trabajado, el uso de los problemas cualitativos es una estrategia eficaz de enseñanza de la Física, para el logro de aprendizajes significativos, habría que tomarlo como una instancia exploratoria acerca del uso de los problemas cualitativos, en las clases de Física de esta facultad. A partir de esta investigación es posible seguir explorando en esta temática en situaciones como:

? Hacer un seguimiento de los estudiantes que han participado de la experiencia, en cuanto a qué tiempo después de haber cursado la asignatura rinden el examen final y los logros obtenidos.

? Tener un panorama más amplio de la potencialidad para el aprendizaje de los problemas cualitativos en óptica, haciendo un estudio similar con los contenidos de óptica geométrica, donde los problemas generalmente necesitan de cálculo matemático y geométrico, con trazado de diagrama de rayos, que no siempre son comprendidos correctamente por los estudiantes.

Que presentan severas confusiones en la interpretación de los procesos de formación de imágenes en dispositivos ópticos sencillos, no relacionando, a veces, lo que sucede en la práctica, con la explicación a través del modelo.

Sería interesante que las ventajas aquí demostradas de la estrategia implementada puedan ser aprovechadas en otros niveles de la enseñanza de la Física y también, en las otras ciencias naturales como la Química y la Biología. donde la concepción de aprendizaje sea el significativo y la resolución de problemas aparezca como una estrategia importante de enseñanza.

Es posible generar, a partir de esta experiencia, y desde la cátedra en la que se ha trabajado, un taller de capacitación y perfeccionamiento en el uso de estrategias didácticas para la enseñanza de la óptica, destinados a docentes e nivel medio y estudiantes del profesorado en Física, como una forma de brindar servicio y transferencia a otros niveles educativos, haciendo que los resultados e la investigación educativa llegue a los docentes y pueda ser transferido realmente a las aulas, concretándose uno de los tan ansiados anhelos de la comunidad científica que trabaja en esta área.

Referencias

- AUSUBEL-NOVAK-HENNESIAN- 1991- *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. (Ed. Trillás. México)
- CONCARI, S- GIORGI, S. - 2000- Los problemas resueltos en textos universitarios de Física. *Enseñanza de las Ciencias*
- CUDMANI, L- SALINAS, J- PESA, M. 1989- Dificultades en el aprendizaje de la óptica física. *Memorias de la VI Reunión Nacional de Educación en la Física*. Bariloche.
- GANGOSO, Z. 1999- Resolución de problemas en Física y aprendizaje significativo- Primera parte: revisión de estudios y fundamentos. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 12. N° 2. P-5-211
- GOLDBERG - MC DERMOTT- 1987- An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *Americal Journal Physics*- Vol. 55- N° 2
- GIL PÉREZ, D. Y Otros- 1988- La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación - *Investigación en la Escuela*. N° 6- P-3-19
- MOREIRA, M.A. - LANG DA SILVEIRA,F. 1993- *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista clínica e a validacao de testes de papel e lapis*- (EDIPUCRS, Porto Alegre)
- PERALES PALACIOS Y OTROS- 2000- *Resolución de problemas*. (Edit. Síntesis. Madrid).
- POZO,J- POSTIGO,Y.-GÓMEZ CRESPO, M. - 1995- Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. *La resolución de problemas*. Alambique. N°5- p-16-26
- SALINAS, J. SANDOVAL, J- 1999- Objetos e imágenes reales y virtuales en la enseñanza de la óptica geométrica. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 12- N° 2- p 23-26

ANEXO

Instrumento de recolección de datos- Segundo parcial año 2000- Sólo se muestran los problemas referidos a los temas que interesan en este estudio.

TEMA 1
<p>1) Indique verdadero (V) o falso (F) en las siguientes proposiciones, justificando su respuesta:</p> <p>c) En un punto del espacio llegan dos trenes de onda coherentes recorriendo trayectorias ópticas que se diferencian en $3,5 \lambda$, por lo tanto interferirán destructivamente</p> <p>d) Con un dispositivo especial se obtienen ondas sonoras polarizadas.</p> <p>4) En un dispositivo para producir anillos de Newton, en un campo de 2 cm de radio entrarían 12 anillos oscuros al trabajar con luz monocromática de 6400 \AA.</p> <p>a) ¿Cuál es el radio de curvatura de la lente empleada?</p> <p>b) Si se introduce un líquido entre la lente y el vidrio, explique concretamente qué debería hacer para obtener una figura de interferencia igual a la anterior.</p> <p>c) En este experimento se trabaja con luz coherente ¿qué método emplea para lograrlo?. ¿Por qué es importante el uso de luz coherente?</p> <p>5) Luz linealmente polarizada incide normalmente sobre una lámina retardadora de 0,05 cm de espesor. Si la diferencia entre los índices de refracción principales es 0,00027 e independiente de la longitud de onda:</p> <p>a) Determine por cálculo y fundamente su respuesta, si la lámina puede ser cuarto, sexto o media onda, trabajando con luz visible.</p> <p>De acuerdo a la radiación seleccionada en a), ¿qué estado de polarización tendrá la luz emergente? ¿Por qué?</p>

TEMA 2
<p>1) Indique verdadero (V) o falso (F) en las siguientes proposiciones, justificando su respuesta:</p> <p><i>c) La figura de interferencia de las rendijas de Young es más espaciada si se disminuye la separación entre rendijas.</i></p> <p>d) Si luz natural incide normalmente sobre una lámina polaroid y observamos la luz emergente a simple vista, podremos saber que está linealmente polarizada.</p> <p>4) Una doble rendija separadas 0,6 mm se ilumina con luz de 5000 \AA.</p> <p>a) ¿A qué distancia de las rendijas se obtendrá un patrón de interferencia con franjas separadas 1,2 mm?</p> <p>b) Si se coloca un filtro que sólo trasmite luz roja sobre las ranuras ¿se podría lograr la misma figura de interferencia que en el caso anterior? Explique claramente cómo hacerlo.</p> <p>c) En este experimento se trabaja con luz coherente ¿qué método emplea para lograrlo?. ¿Por qué es importante el uso de luz coherente?</p> <p>5) Luz linealmente polarizada incide normalmente sobre una lámina retardadora de 0,0035 mm de espesor, formando la dirección de vibración con el eje óptico de la lámina un ángulo de 45°. Si la diferencia entre los índices de refracción principales es 0,09 e independiente de la longitud de onda, determine, dentro del espectro visible, con qué radiaciones se podrá obtener luz emergente:</p> <p>a) linealmente polarizada - b) circularmente polarizada –</p> <p>Justifique conceptual y numéricamente cada caso.</p>