

# La física con una estructurada problematizada: efectos sobre el aprendizaje conceptual, en las actitudes e intereses de los estudiantes universitarios

(Teaching Physics with a fundamental-problem-based approach: effects on conceptual learning, attitudes and interests of University students)

Becerra-Labra<sup>1</sup>, Carlos; Gras-Martí<sup>2</sup>, Albert y Martínez-Torregrosa<sup>3</sup>, Joaquín

<sup>1</sup>Instituto de Matemática y Física, Universidad de Talca, Chile. E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada, Universidad de Alicante, España.

<sup>3</sup>Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España.

En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos de una investigación realizada para estudiar los efectos que produce una enseñanza con una estructura problematizada de la física en el aprendizaje conceptual, en las actitudes e intereses de los estudiantes. Se da una respuesta fundamentada a las preguntas: una enseñanza de la física a través del planteamiento y resolución de problemas fundamentales, ¿se produce realmente una mejora significativa en el aprendizaje conceptual?, ¿modifica positivamente la actitud e interés de los estudiantes hacia la física? y, ¿se mantiene esta mejora conceptual y actitudinal tiempo después de la instrucción recibida?

**Palabras claves:** modelo de enseñanza de las ciencias a través de problemas fundamentales, cambio conceptual, cambio actitudinal.

We show the results of a research addressing the effects of organizing the teaching of Physics around a problem-based structure. This approach is based upon outlining and addressing the fundamental problems that originated the basic concepts and theoretical framework of the subject matter. We have measured the significant improvement observed in both the students' conceptual understanding and in their attitude and interest towards Physics. We have also investigated whether these learning gains are maintained after the course is over, and a relatively large time has elapsed.

**Keywords:** science teaching based on fundamental problems, conceptual change, attitudinal change.

## 1. Introducción y planteamiento del problema de estudio

En los últimos años el aumento espectacular de trabajos de investigación en didáctica de las ciencias ha dado como resultado un mayor conocimiento de las dificultades de los estudiantes para aprender ciencias y ha puesto en cuestión, de un modo fundado, el modelo convencional basado fundamentalmente en la creencia de que la transmisión de los conocimientos por el profesor en su estado final (decir lo que es, o explicar cómo se hace, de una manera directa y acabada, junto con la realización de ejercicios) es la única o la mejor forma de lograr que los estudiantes aprendan (paradigma de enseñanza por transmisión verbal).

Afortunadamente, la mayoría de estas investigaciones no sólo se han limitado a identificar las deficiencias del modelo transmisión-asimilación de conocimientos ya elaborados (modelo más extendido en Chile), sino que también han generado modelos de enseñanza que pueden competir con éste. Salvando diferencias que podemos considerar menos importantes, la mayoría de dichos modelos consideran que aprender es poder justificar lo que se piensa y que los procesos de producción y aceptación (justificación) de conocimientos que se desarrollan en la vida cotidiana son muy diferentes de los que caracterizan el trabajo científico. Además, dichos modelos afirman que el aprendizaje sólido de los conceptos científicos debe ir acompañado del aprendizaje metodológico, es decir, de formas de producir y aceptar conocimientos que caracterizan el trabajo científico. Este desarrollo simultáneo, conceptual-metodológico, se verá favorecido en la medida en que el proceso

---

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

de enseñanza-aprendizaje se desarrolle en un contexto de (re)construcción de conocimientos (evitando en lo posible, su transmisión en su estado final), en el que existan oportunidades reiteradas y sistemáticas para poner en práctica (dentro de lo posible en cada nivel educacional) procesos de justificación típicos de la investigación científica, de la resolución de problemas, y en el que se favorezca la implicación afectiva (actitudinal) necesaria para que esa tarea tan exigente pueda llevarse a cabo.

En efecto, esta idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se desarrolle como un proceso de (re)construcción de conocimientos en un contexto que se inspire (dentro de lo posible en cada nivel educacional) en la investigación científica es compartida por un amplio abanico de investigadores en didáctica de las ciencias [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7] y [8]. Por su parte, los National Science Education Standards [9] proclaman que "en todos los niveles, la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación", como forma de favorecer tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas.

Por otra parte, en lo que se refiere al proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en los primeros niveles universitarios, resulta preocupante el fracaso más o menos generalizado de los estudiantes, hecho que se manifiesta en un alto índice de reprobación y abandono. Para producir un cambio significativo de la situación planteada, vamos a desarrollar la enseñanza de la física en el primer curso universitario con una estructura problematizada, donde existan sistemática y reiteradamente oportunidades de poner en práctica las formas de pensamiento y acción de la actividad científica. En otras palabras, queremos probar en qué medida la enseñanza de toda una asignatura científica universitaria, la mecánica newtoniana en particular, estructurada en forma problematizada, genera un cambio cualitativo y cuantitativo en la enseñanza-aprendizaje de la física. En qué medida se generan oportunidades adecuadas para aprender en el aula, en qué medida mejora el aprendizaje conceptual y las actitudes de los estudiantes.

## 2. Fundamentación teórica

El aprendizaje sólido de los conocimientos científicos implica el desarrollo simultáneo de procesos de producción y aceptación típicos del trabajo científico, y de la implicación axiológica necesaria para que esa tarea tan exigente pueda llevarse a cabo. La planificación de un curso y de los temas en él desarrollados no puede responder simplemente a la lógica que expresa la secuencia: ¿qué objetivos deben lograr los estudiantes?, ¿qué contenidos impartir?, ¿cómo ha de ser el examen para constatar el aprendizaje logrado?

Como hemos señalado, lo que caracteriza el proceso de producción y aceptación de conocimientos científicos es que se desarrolla en un contexto problematizado, donde se abordan situaciones problemáticas de interés y se avanza de una manera tentativa hacia posibles soluciones. Por tanto, la planificación de los temas y de los cursos dentro del modelo de enseñanza de las ciencias como "investigación" dirigida (o por resolución de problemas) obliga a formularse las preguntas que siguen: ¿cómo problematizar el curso y cada uno de los temas incluidos para favorecer el aprendizaje con sentido?, ¿cómo integrar el aprendizaje conceptual, las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas de "papel y lápiz" en una estructura problematizada más amplia? Antes de responder a estas preguntas, destacaremos que el presente trabajo de investigación se inserta y se apoya en esfuerzos de innovación e investigación en el campo de la educación científica [10], [11] y [12].

Para organizar la estructura de los temas y del curso es necesario identificar algunos de los problemas que están en el origen de las teorías que queremos que pasen a formar parte de los conocimientos de nuestros alumnos, discutir la relevancia de los mismos y planificar una estrategia que permita avanzar en la solución a los problemas planteados, en un ambiente hipotético-deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de la epistemología científica. Esto requiere un análisis histórico, epistemológico y didáctico sobre la materia seleccionada para que su estudio sea útil y factible para los alumnos implicados. Este análisis está guiado, por tanto, por preguntas tales como:

---

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

❖ ¿Qué problemas están en el origen de las teorías que deseamos que pasen a formar parte del bagaje de nuestros alumnos (objetivos/ clave)?

❖ ¿Cuáles son/fueron los obstáculos más importantes que hubo que superar para avanzar en la solución a los problemas planteados? ¿Qué ideas, qué razonamientos pueden tener los alumnos sobre los aspectos anteriores que puedan suponer obstáculos para el aprendizaje y que, por tanto, deben ser tomados en consideración? (Identificación de objetivos/ obstáculo).

❖ ¿Qué plan concreto de “investigación”, secuenciación, conviene proponer a los estudiantes para avanzar en la solución a los problemas iniciales? (programa-guía de actividades que deben abordar los alumnos).

Este estudio está dirigido, en definitiva, al diseño de una estructura del curso que permita a los alumnos, con el apoyo del profesor, enfrentarse a situaciones problemáticas de interés, poniendo en juego buena parte de los procesos de producción y validación de los conocimientos científicos. Más concretamente ello supone:

i. Plantear, en el inicio del curso (y, en su caso, de los grandes bloques o temas que lo compongan) situaciones problemáticas que, inspirándose en las que desde el punto de vista histórico y/o epistemológico, están en el origen de los conocimientos implicados, sirvan de punto de partida para el trabajo de los estudiantes. Por supuesto, debe prestarse atención explícita a que los alumnos se apropien del o los problemas, a que tomen conciencia de su interés, como condición necesaria para su implicación en la tarea.

ii. Diseñar la secuenciación de los temas del curso con una lógica problematizada, es decir, como una posible estrategia para avanzar en la solución a las grandes preguntas iniciales. Esto da lugar a un hilo conductor en el que cada tema se convierte en un problema más concreto cuya solución permite avanzar en el problema inicial, al mismo tiempo que puede generar nuevos problemas, incrementándose así las relaciones entre los distintos temas.

iii. Organizar el índice de cada uno de los temas/problema de forma que responda igualmente a una posible estrategia para avanzar en su solución, es decir, a un plan de “investigación” (programa-guía de actividades) diseñado por el profesor (o, mejor, por equipos de profesores). En este sentido, la estructura o secuencia de apartados del tema debe estar ligada intencional y lógicamente con la problematización inicial. La estructura de los temas no está guiada, por tanto, como es habitual, por los conceptos fundamentales, sino por un intento de plantear y avanzar en problemas fundamentales. De este modo, los conceptos son introducidos funcionalmente como parte del proceso de tratamiento de los problemas planteados y de unificación de campos inicialmente inconexos. Si el conocimiento científico es fruto de un intento de responder preguntas, ¿por qué pretender que los alumnos aprendan respuestas sin conocer las preguntas a las que responden? [13].

iv. En este contexto de resolución de problemas, los conceptos y modelos se introducen, por alumnos y profesor, como tentativas, como hipótesis fundadas, que deben ser puestas a prueba, tanto a través de su capacidad predictiva en situaciones de laboratorio y en el abordaje de situaciones problemáticas concretas, que requieren una modelización basada en los mismos (contexto de resolución de problemas, incluyendo la toma de decisiones en situaciones de interés social), como a través del establecimiento de su coherencia con la globalidad de los conocimientos ya establecidos por investigaciones precedentes. La realización de ejercicios, los trabajos prácticos de laboratorio, y la resolución de problemas se integran con sentido, junto a la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura problematizada [14].

v. Consideramos esencial la realización de recapitulaciones periódicas (recapitulaciones problematizadas) sobre lo que se ha avanzado en la solución al problema planteado, los obstáculos superados y lo que queda por hacer, prestando así especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo de la “investigación”:

Todo ello constituye una forma de trabajo en el aula que favorece la explicitación de las propias ideas y su confrontación con las de otros, en un ambiente hipotético-deductivo rico en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el aprendizaje de conocimientos

---

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

científicos [15] y [16]. Se pretende así, en definitiva, crear un ambiente que favorezca simultáneamente la implicación afectiva y la racionalidad científica de todos los implicados (profesor y alumnos) en la resolución de los problemas. Por supuesto, ello exige una cuidadosa planificación de la tarea por parte del profesor, mediante programas de “investigación” (programas de actividades debidamente engarzadas: programa-guía) y exige también dejar tiempo en el aula para que los alumnos piensen, argumenten y refuten.

A continuación, a modo ejemplo se expresa el resultado de este proceso, para el caso específico del curso de mecánica de la partícula. El problema que está en el origen de la mecánica y que sirve de punto de partida para el trabajo de los estudiantes es: encontrar una explicación unitaria, común, al movimiento de todas las cosas (cuerpos celestes y terrestres) En otras palabras: ¿existen diferencias esenciales entre los movimientos de todas las cosas, o podemos encontrar una explicación universal para el movimiento de todas las cosas, independientemente de la naturaleza del objeto que se mueve?

Para que nuestra tarea sea posible y fructífera, es necesario proponer problemas más concretos, fácilmente abordables, que constituyan el hilo conductor del curso y cuyas soluciones nos aproxime a la solución del problema estructurante que se ha planteado. Es decir, para encontrar una explicación universal, única, de por qué las cosas se mueven como lo hacen, es necesario diseñar una estrategia para avanzar en su solución. Un posible plan podría ser:

i. Tratar de caracterizar los movimientos de los cuerpos ignorando la naturaleza de los mismos. En otras palabras, procuraremos inventar magnitudes físicas para identificar y diferenciar unos movimientos de otros, pero sin tener en cuenta de qué está hecho o cómo es el cuerpo que se mueve; imaginándolo, por ejemplo, como un punto material. (Cinemática de la partícula).

ii. Si logramos describir y diferenciar unos movimientos de otros utilizando los mismos conceptos físicos para todos, será el momento de abordar el siguiente problema: ¿Qué es lo que hace que el movimiento de un cuerpo sea de un tipo u otro?, es decir, ¿cómo conseguir que un objeto se mueva como deseamos? (Dinámica de la partícula). Dentro del tratamiento de este problema, será de especial interés plantearnos cuestiones como:

a) ¿Qué hace falta para que el movimiento rectilíneo de un objeto sea circular y uniforme como el movimiento de la Luna?

b) Si conseguimos explicar qué ha de ocurrir para que el movimiento de un objeto en la superficie terrestre sea circular y uniforme, ¿qué haría falta para que el movimiento de la Luna se pudiera explicar del mismo modo? (esto justificará la hipótesis de la existencia de la fuerza gravitacional)

c) ¿Qué haría falta para que un objeto terrestre (un coche, una persona) se moviera como la Luna?

d) ¿Podemos explicar la(s) causa(s) de las diferencias entre el movimiento de un globo de hidrógeno y el movimiento de una piedra, cuando ambas se sueltan de la mano?

iii. A continuación haremos una recapitulación para ver en qué medida hemos avanzado en la solución de nuestro problema estructurante, es decir, realizaremos una síntesis para ver en qué medida hemos logrado una explicación única, universal, del movimiento de todas las cosas.

iv. Y, finalmente, plantharemos un nuevo problema: ¿Existe alguna limitación en la magnitud de los cambios de movimiento que pueden ocurrir en la naturaleza? (Trabajo y energía).

En el anexo se representa un esquema con la estructura problematizada de la mecánica de la partícula. Esta estructura resulta muy útil para la elaboración de recapitulaciones en distintas fases del tema y se concreta en un programa-guía de actividades que son abordadas por los alumnos en el aula (libro de trabajo). A continuación, en la tabla 1 se muestra, a modo de ejemplo, un pequeño fragmento del programa-guía de actividades.

---

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

**Tabla 1: Fragmento del programa-guía o libro de trabajo**

<b>Fragmento del programa-guía o libro de trabajo</b> (El programa-guía contiene 195 actividades que son abordadas por los alumnos en el aula y/o estraaula) (☛A...) son las actividades que realizan los alumnos.
... Planteamiento del problema Hay movimiento en todo nuestro alrededor. Lo vemos en las actividades cotidianas de las personas, en los automóviles que pasan por la carretera, en la caída de los cuerpos, en los árboles que se mecen al viento, en la Luna alrededor de la Tierra, etc. En el nivel microscópico también hay movimiento, sólo que no podemos percibirlo directamente: Los electrones que fluyen producen la electricidad, los electrones que vibran generan la luz, etc. El movimiento está en toda la naturaleza, en todo el universo. Es fácil reconocer el movimiento, pero no es tan fácil describirlo. El tema que vamos a tratar en este curso es el estudio del movimiento de todas las cosas, desde el movimiento de vehículos, como un automóvil o un tren, hasta el movimiento de astros, como la Luna, o simplemente, el movimiento de la caída de un objeto en las proximidades de la superficie terrestre. Pero antes de empezar esta tarea, es conveniente que nos preguntemos por el interés de la misma: ❖ ¿Por qué y para qué vamos a estudiar el movimiento de las cosas? ❖ ¿Por qué el movimiento de las cosas ha llamado la atención en todas las épocas, desde la antigüedad hasta nuestros días? ❖ ¿Advertimos el fruto de los estudios sobre el movimiento en nuestra actividad cotidiana? ☛A.1 Indica que interés práctico puede tener el estudio del movimiento de: <b>Un vehículo de transporte de personas. Un avión cuando aterriza o despega. Un coche cuando frena. La Luna y el Sol</b> El interés de estudiar el movimiento de las cosas no sólo se limita a situaciones utilitarias inmediatas, sino que alcanza, como veremos, a la comprensión global del Universo, de la Naturaleza y, por tanto, a la visión que los seres humanos tenemos de nuestra existencia. En efecto, no se trata sólo de medir posiciones o velocidades de los objetos que se mueven, sino que, desde la antigüedad, dichos estudios han ido acompañados de preguntas sobre por qué se mueven los cuerpos o cómo lo hacen; y el interés se ha centrado en las diferencias entre el movimiento de los objetos celestes (como la Luna, los planetas, el Sol u otros) y el movimiento de los objetos terrestres (como la caída de objetos, el movimiento de los proyectiles u otros). ☛A.2 Indica, si las hay, las diferencias entre el movimiento de los astros (como la Luna, los planetas u otros) y el movimiento de los cuerpos en la superficie terrestre (como el movimiento de proyectiles, la caída de los cuerpos u otros). ☛A.3 Si se lanza un objeto, como una piedra, cae al suelo. ¿Por qué no le ocurre lo mismo a la Luna? ...

### 3. Hipótesis y diseños experimentales

La hipótesis que ha planteado nuestro trabajo de investigación para avanzar en una solución del problema mencionado inicialmente, puede formularse de la siguiente manera: “la incorporación de una enseñanza de la física estructurada en forma problematizada produce una mejora significativa en el aprendizaje conceptual y, en las actitudes e intereses de los alumnos”. En concreto:

- ❖ Suministra oportunidades adecuadas en el aula para que los alumnos aprendan con comprensión los conceptos científicos y la significatividad del aprendizaje producido se mantiene tiempo después (varios meses) de la instrucción recibida.
- ❖ Modifica positivamente la actitud e interés de los estudiantes hacia la física.

Para valorar en qué medida una enseñanza de la física desarrollada con una lógica problematizada suministra oportunidades adecuadas en el aula para que los alumnos del primer curso de física universitaria aprendan con comprensión los conceptos científicos, vamos a proceder de la siguiente manera:

- a) Hemos elaborado un programa-guía de actividades con una secuencia problematizada (a modo de ejemplo, en la tabla 1, se incluye un pequeño fragmento de éste). Estas actividades serán desarrolladas en el aula por los alumnos del Grupo Experimental (organizados en pequeños grupos de tres o cuatro alumnos), de tal manera que al resolverlas deben expresar, argumentar y debatir sus ideas, entre ellos y con el profesor.
- b) Se ha diseñado un Examen Conceptual que contiene diez preguntas (consensuadas entre el profesor del Grupo Experimental y el del Grupo Control). Este instrumento se aplicará en la última semana de clases tanto a los alumnos del Grupo Experimental (**GE**) como a los alumnos del Grupo Control (**GC**). A modo de ejemplo, en la tabla 2, se muestra la pregunta 6 del instrumento diseñado.
- c) Para valorar en qué medida la significatividad del aprendizaje producido se mantiene tiempo después (varios meses) de la instrucción recibida, hemos diseñado tres “instrumentos

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

experimentales” (con preguntas equivalentes a la pregunta de la tabla 2), que tienen por objetivo medir el nivel de “recuerdo” conceptual. Estos instrumentos serán aplicados tanto a los alumnos del GE como a los alumnos del GC algunos meses después de haber cursado y aprobado la asignatura de física (tres, seis y doce meses después de la instrucción recibida).

**Tabla 2: Pregunta 6 del Examen Conceptual**

A modo de ejemplo, sólo se presente la pregunta 6.
6. Una persona afirma que es posible conseguir un choque entre dos bolas de billar idénticas sobre una mesa horizontal lisa (una de ellas moviéndose con una velocidad $V_1$ hacia la otra que está en reposo) de tal manera que después del choque la que estaba en reposo se mueva con una velocidad $2V_1$ y la otra bola rebote con una velocidad $-V_1$ (en sentido opuesto a la dirección inicial), ya que así se cumple el principio de conservación de la cantidad de movimiento. Analiza en qué medida puede ser correcta o no dicha afirmación, justifica y fundamenta tu respuesta.

Para valorar en qué medida una enseñanza con una estructura problematizada modifica positivamente la actitud e interés de los estudiantes hacia la física, hemos elaborado dos cuestionarios. Las preguntas del cuestionario I se muestran en la tabla 5 (este cuestionario sólo se pasará a los alumnos del GE al finalizar el curso). Las preguntas del cuestionario II se muestran en las tablas 6 y 7 (este cuestionario se pasará a los alumnos que hayan aprobado física, del GE y del GC, doce meses después de haber finalizado el curso).

#### 4. Presentación y análisis de resultados

Conviene destacar que nuestro modelo de enseñanza problematizada se ha aplicado en tres diferentes oportunidades en el primer nivel de la física universitaria (asignatura introductoria y semestral con tres horas-aulas semanales). En el presente artículo sólo se mostrará los resultados obtenidos en la primera aplicación del modelo (los resultados obtenidos en las otras dos aplicaciones son equivalentes a los resultados presentados en este artículo).

A los alumnos del primer curso de física universitaria (edad: 17 a 19 años) se han dividido, totalmente al azar, en dos secciones distintas (de 60 alumnos cada una): sección 1 = GE (un profesor con una enseñanza problematizada de la física) y sección 2 = GC (un profesor con una enseñanza habitual de la física).

Antes de presentar los resultados conviene indicar que para el tratamiento estadístico de éstos, hemos realizado una prueba de hipótesis estadística [17] para decidir si la diferencia de porcentaje de respuestas correctas es estadísticamente significativa a favor de los alumnos del Grupo Experimental. Para nuestros datos (porcentajes) lo apropiado es aplicar el estadístico de prueba  $z$  con un nivel de significación del 5%.

El porcentaje de respuestas correctas del Examen Conceptual (aplicado en la penúltima clase de física) se muestra en la tabla 5: en la primera fila se muestra el resultado obtenido en el GC (50 alumnos se presentaron al examen) y en la segunda fila el resultado obtenido en el GE (57 alumnos se presentaron al examen). Los resultados obtenidos del examen de conceptos muestran claramente que los alumnos del GE obtienen un porcentaje de respuestas correctas notable y significativamente superior al de los alumnos del GC. Por ejemplo en la pregunta 6, la respuesta esperada por parte del alumno, después de haber realizado un análisis de la cantidad de movimiento lineal y de la cantidad de energía cinética antes y después de la colisión, es: dicho choque no se puede conseguir, ya que, a pesar de que se cumple el principio de conservación de la cantidad de movimiento lineal, la energía cinética total después de la colisión es 4 veces la energía cinética total antes del choque. En esta pregunta, sólo el 28,0% de los alumnos del GC dieron una respuesta correcta, en cambio, en el GE el 61,4% de los alumnos dan una respuesta correcta. No sólo esto, los alumnos del GE, en promedio, escriben y fundamentan muchos más sus respuestas que los alumnos del GC.

La tabla 6 muestra el porcentaje de respuestas correctas de los tres “instrumentos experimentales” diseñados para medir el nivel de “recuerdo” conceptual de los alumnos del GE y del GC (sólo los alumnos que aprobaron la asignatura de física) a los tres, seis y doce meses después de la instrucción recibida. En coherencia con los resultados obtenidos del Examen

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

Conceptual, los alumnos del GE obtienen un porcentaje de resultados correctos notable y significativamente superior al de los alumnos del GC. El seguimiento realizado muestra claramente que el nivel de “recuerdo” conceptual de los alumnos del GE es significativamente superior al de los alumnos del GC. No sólo esto, los alumnos del Grupo Experimental, en promedio, siguen escribiendo y fundamentando muchos más sus respuestas que los alumnos del Grupo Control.

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del examen conceptual y de los tres “instrumentos experimentales” para realizar el seguimiento, podemos afirmar que la incorporación de una enseñanza de la física estructurada en forma problematizada suministra oportunidades adecuadas en el aula para que los estudiantes aprendan con comprensión los conceptos científicos y la significatividad del aprendizaje producido se mantiene tiempo después (varios meses) de la instrucción recibida.

**Tabla 3: Resultados del Examen Conceptual**

Respuestas correctas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
GC (N = 50) %	32,0	40,0	30,0	28,0	34,0	28,0	28,0	26,0	32,0	20,0
GE (N = 57) %	54,4	61,4	50,9	52,6	57,9	61,4	61,4	70,2	56,1	49,1

**Tabla 4: Resultados de los “instrumentos experimentales” aplicados meses después de la instrucción recibida**

Respuestas correctas	Tres meses después (Primer instrumento)		Seis meses después (Segundo instrumento)		Doce meses después (Tercer instrumento)	
	GE (N = 25) %	GC (N = 15) %	GE (N = 26) %	GC (N = 14) %	GE (N = 20) %	GC (N = 15) %
	Pregunta 1	64,0	33,3	53,8	28,6	45,0
Pregunta 2	56,0	26,7	53,8	21,4	50,0	20,0
Pregunta 3	68,0	20,0	57,7	21,4	45,0	13,3
Pregunta 4	64,0	40,0	57,7	35,7	55,0	26,7
Pregunta 5	72,0	46,7	50,0	35,7	60,0	33,3
Pregunta 6	60,0	26,7	53,8	28,6	55,0	26,7
Pregunta 7	48,0	13,3	46,2	21,4	45,0	13,3

Recordemos que la otra consecuencia contrastable de nuestra hipótesis de trabajo es que la metodología propuesta modifica positivamente la actitud e interés de los alumnos hacia la física. En otras palabras, cabe esperar que valoren la metodología propuesta mucho más positivamente que la metodología habitual en los aspectos señalados cuestionario I. Dicho cuestionario ha sido contestado por los alumnos del GE, en forma anónima e individual, al finalizar el curso (última clase).

Para demostrar en forma científica que el modelo propuesto es percibido por los estudiantes de un modo mucho más positivo que otras metodologías, hemos realizado una prueba de hipótesis estadística [17]. Para los datos obtenidos de los cuestionarios lo apropiado es aplicar el estadístico de prueba t (usamos los mismos criterios de la prueba de hipótesis estadística de los instrumentos experimentales anteriores).

El resultado de la valoración comparativa realizada por los alumnos del GE sobre la metodología propuesta y otras metodologías, se muestra en la tabla 5. Este resultado muestra profundas diferencias en la “percepciones” que los alumnos tienen entre la metodología propuesta y otras metodologías empleadas en cursos pasados, concibiendo que la metodología empleada en

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

el actual asignatura de Física, les hace adquirir hábitos reflexivos, de planificación de estrategias,...., les prepara para enfrentarse a problemas que no se han hecho antes, les aumenta la comprensión conceptual y modifica positivamente la actitud e interés hacia la física. Por lo tanto, la diferencia es significativamente superior a favor del modelo propuesto en cada uno de los aspectos valorados en el cuestionario I.

**Tabla 5: Cuestionario I**

Estimado (a) alumno (a), te pedimos que valores de 0 a 10 el grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones referidas a la metodología del actual curso de física y la de los cursos anteriores (10: totalmente de acuerdo; 5: indiferente; 0: totalmente en desacuerdo).		Resultado de la valoración comparativa. GE (N = 57)	
		Metodología actual	Metodología anteriores
		$\bar{X}_{MP}$ (Sd)	$\bar{X}_{MA}$ (Sd)
1	Aumenta la capacidad para resolver todo tipo de problemas y situaciones físicas	8,0 (0,9)	3,7 (1,2)
2	Preparación que produce para saber cómo enfrentarse a problemas y situaciones que no se han hecho antes	8,1 (0,7)	3,5 (0,7)
3	Grado en que favorece la comprensión profunda de los conceptos	8,5 (0,6)	3,7 (0,9)
4	Adquisición de hábitos de reflexión, argumentación, planificación de estrategias, y el análisis de los resultados obtenidos	8,7 (0,7)	3,7 (0,7)
5	Hace atractiva e interesante la actividad de resolver problemas y situaciones físicas	8,2 (0,8)	3,3 (0,9)
6	Contribución a que la física sea más interesante	8,0 (0,9)	3,3 (1,0)

El cuestionario II ha sido contestado, en forma anónima, voluntaria e individual, por los alumnos del GE y del GC doce meses después de la instrucción. La tabla 6 muestra la respuesta de la pregunta, ¿en cuál o cuáles asignaturas (máximo dos) de los semestres pasados tuviste mayor sensación de aprendizaje? El 65,5% de los alumnos del GE citan el curso de física entre las dos asignaturas que tuvieron mayor sensación de aprendizaje. En cambio, los alumnos del GC no citan al curso de física entre las asignaturas que tuvieron mayor sensación de aprendizaje, al contrario, el 33,3% de ellos mencionan al curso de física entre las asignaturas con menor sensación de aprendizaje.

Los resultados obtenidos de la valoración de la metodología propuesta doce meses después de la instrucción recibida (ver la tabla 7), muestran claramente que ésta sigue siendo percibida por los alumnos del GE de un modo mucho más positiva que otras metodologías. En cambio, los alumnos del GC control no perciben de igual forma la metodología usada en su respectivo curso de física.

Los resultados obtenidos en ambos cuestionarios muestran claramente que la valoración de la metodología propuesta es percibida por los alumnos de un modo mucho más positiva que otras metodologías, produciendo un cambio positivo en sus actitudes e intereses. Por tanto, la diferencia es significativa y no hace más que reforzar la validez de nuestra hipótesis de trabajo.

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)



**Tabla 6: Cuestionario II (parte1)**

Estimado(a) alumno(a), estamos haciendo un análisis para mejorar la enseñanza de la física en nuestra Universidad, con esta finalidad, te pedimos que respondas a las siguientes preguntas:	Resultado obtenido de las respuestas del:					
	GE			GC		
	N = 29			N = 15		
	Asignatura	n	%	Asignatura	n	%
1. En cuál o cuáles asignaturas (un máximo de dos) de los semestres pasados tuviste mayor sensación de aprendizaje	Física	19	65,5	No aparece Física	0	0,0
	Bioquímica	15	51,7			
2. En cuál o cuáles asignaturas (un máximo de dos) de los semestres pasados tuviste menor sensación de aprendizaje	No aparece Física	0	0,0	Física	5	33,3
				Calculo I	6	40,0

**Tabla 7: Cuestionario II (parte 2)**

	Estimado (a) alumno (a), te pedimos que valores de 0 a 10 el grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones referidas a la asignatura de física cursada hace algunos meses (10: totalmente de acuerdo; 5: indiferente; 0: totalmente en desacuerdo).	Resultado obtenido de las respuestas del:	
		GE	GC
		(N = 29)	(N = 15)
		Media (Sd)	Media (Sd)
1	Contribuyó a mejorar mis actitudes hacia la Física	8,5 (0,8)	3,2 (0,9)
2	Lo importante para aprobar era comprender verdad, no memorizar fórmulas	9,0 (0,5)	6,5 (1,3)
3	La forma de desarrollar la clase favorecía especialmente el aprender "de verdad"	8,7 (0,7)	3,5 (0,8)
4	Contribuyó a mejorar mi capacidad para pensar, para enfrentar situaciones novedosas	8,6 (0,6)	4,1 (1,1)
5	Me resultó difícil: no había relación entre lo que se hacía en clase y lo que se exigía en el examen	0,0 (-)	8,2 (1,0)
6	Si tuviera otra asignatura de Física me gustaría que se enseñara del mismo modo	8,4 (1,2)	2,5 (1,2)
7	A lo largo de la asignatura estuve orientado: sabía por qué y para qué hacíamos las cosas (frente a estar haciendo cosas sin saber el interés y la finalidad de las mismas)	8,3 (1,1)	3,5 (1,3)

## 5. Conclusiones y perspectivas

Tras los resultados obtenidos de nuestro trabajo de investigación, podemos afirmar que una enseñanza de la física, en el primer curso universitario, con una estructura problematizada produce una mejora significativa en el aprendizaje y en el rendimiento académico de la mayoría de los alumnos y no sólo para una elite. En otras palabras, se ha probado que una enseñanza de la física organizada en torno al planteamiento y solución de problemas fundamentales produce una mejora significativa en el aprendizaje conceptual y, en las actitudes de los estudiantes. Además, abre nuevas y fructíferas modos de actuación en las aulas de los primeros niveles universitarios, a través de la implicación de los profesores y alumnos en una tarea de carácter colectivo, en sintonía con las pautas del trabajo científico.

En un próximo artículo publicaremos un estudio sobre los efectos que produce una enseñanza problematizada de la física en la resolución de problemas de "lápiz y papel" [8], ¿se produce en los alumnos un aumento en la capacidad para resolver problemas de "lápiz y papel"?, ¿cómo se aplica nuestro modelo en la resolución de problemas de "lápiz y papel"?

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

## 6. Referencias bibliográficas

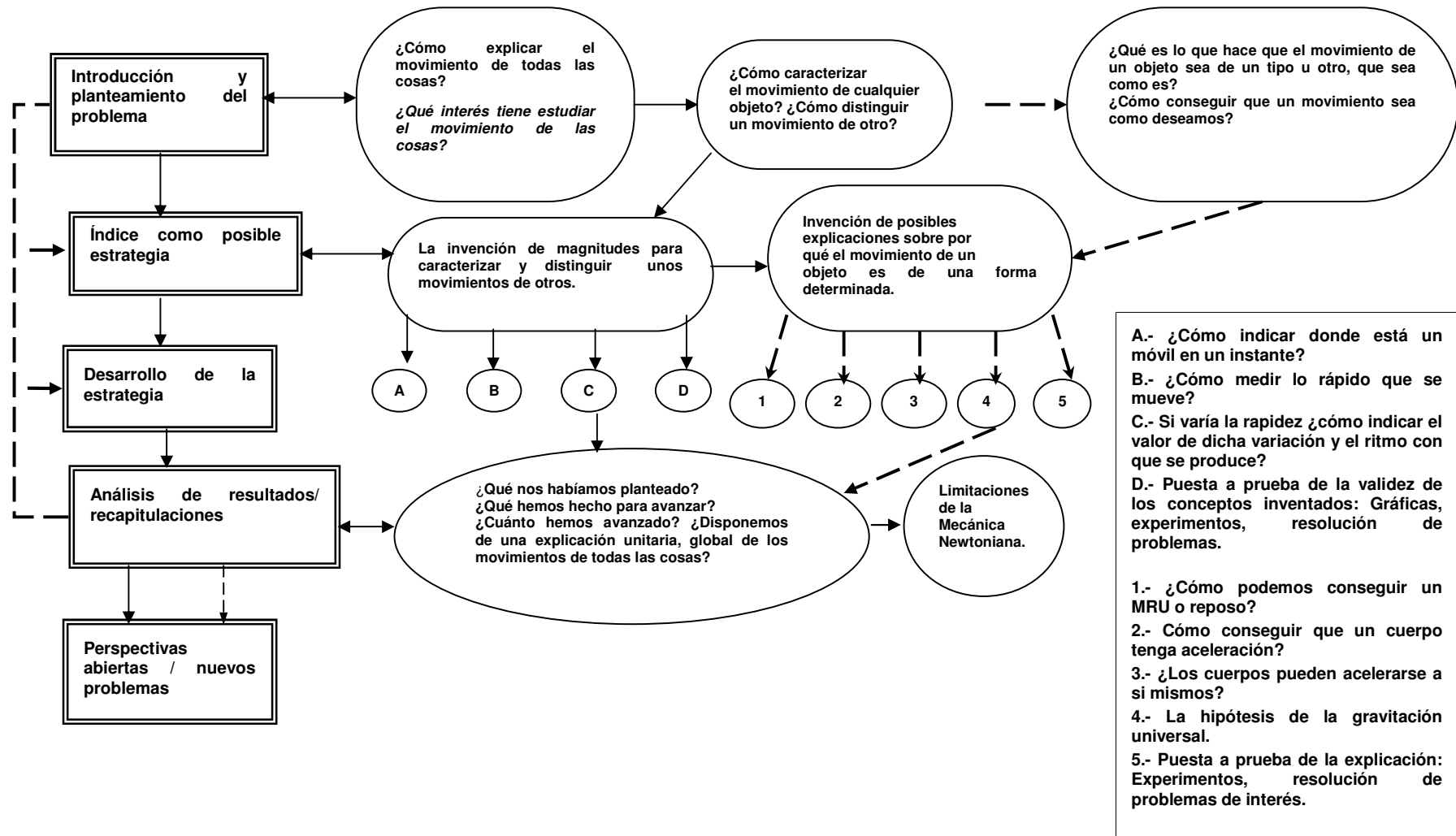
- [1] R. Osborne y M. Wittrok, *Studies in Science Education*, **12**, 59 (1985).
- [2] R. Driver y V. Oldham, *Studies in Science Education*, **13**, 105 (1986).
- [3] J. F. Osborne, *Science Education*, **80**(1), 53 (1996).
- [4] D. Gil y J. Martínez-Torregrosa, *Investigación en la Escuela*, **3**, 3 (1978).
- [5] L. Bencze y D. Hodson, *Journal of Research in Science Teaching*, **36**(5), 521(1999).
- [6] U. Zoller et al. *Journal of Research in Science Teaching*, **36**(5) 583 (1999).
- [7] J. Guisasola, C. Furió, M. Ceberio y J. L. Zubimend, *Enseñanza de las Ciencias*, **nº extra**, 17 (2003).
- [8] C. Becerra-Labra; A. Gras-Martí y J. Martínez-Torregrosa, *Rev. Bras. Ens. Fís.* **27**(2) 299 (2005).
- [9] National Science Education Standards, *National Committee on Science Education Standards and Assessment*, National Research Council (1996).
- [10] P. Black, *Physics 2000: Physics as it Enters a New Millenium*, IUPAP, Paul Black, Gordon Drake, and Leonard Jossem, eds. (2000). (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/IUPAP/P2000.pdf>).
- [11] D. Gil y A. Vilches, *Revista Española de Física*, **13**(5), 10 (1999).
- [12] C. Monereo y J. I. Pozo (eds.), *La Universidad ante la nueva cultura educativa*, Síntesis: Madrid (2003).
- [13] J. Otero, *European Journal of Science Education*, **7**(4), 361 (1985).
- [14] D. Gil, C. Furió, P. Valdés, J. Salinas, J. Martínez-Torregrosa, J. Guisáosla, E. González, A. Dumas-Carré, M. Goffard y A. Pessoa de Carvalho, *Enseñanza de las Ciencias*, **17**(2), 311 (1999).
- [15] R. Driver y V. Oldham, *Studies in Science Education*, **13**, 105 (1986).
- [16] R. Driver, P. Newton y J. Osborne, *Science Education*, **84**(3), 287 (2000).
- [17] J. Welkowitz, R. B. Ewen y J. Cohen, *Estadística aplicada a las Ciencias de la Educación*, Santillana S. A.: Madrid, (1981).

---

<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)

## 7. Anexo

### Mecánica newtoniana "El movimiento de todas las cosas"



<sup>1</sup> E-mail: [cbecerra@utalca.cl](mailto:cbecerra@utalca.cl)