

Modelo de enseñanza – aprendizaje de la física centrado en la resolución de problemas

Carlos Becerra Labra⁷

Instituto de Matemática y Física
Universidad de Talca

La 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) en el de la investigación, es compartida por un amplio abanico de investigadores en didáctica de las ciencias (Burbules y Linn, 1991; Duschl y Gitomer, 1991; Gil y Vilchez, 1999; Pozo, 1994...).

También las recientes propuestas curriculares han hecho suya esta orientación. Así, los National Standards for Science Education (NRC, 1996) 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.

Ello se fundamenta, entre otras razones, en el hecho de que el contexto hipotético - deductivo característico de una investigación suministra oportunidades idóneas para un aprendizaje profundo, al obligar a plantear problemas y discutir su relevancia, tomar decisiones que permitan avanzar, formular ideas de manera tentativa, ponerlas a prueba dentro de una estructura lógica general, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizar los criterios de coherencia y universalidad... y todo ello en un ambiente de trabajo colectivo y de implicación personal en la tarea.

En sintonía con lo anterior, el presente trabajo se inserta en este proceso y se apoya en esfuerzos de innovación e investigación en el campo de la didáctica de la física en el nivel universitario. A continuación mostraremos cómo concebimos la enseñanza de la física, indicando una forma de estructurar las actividades típicas de dicha enseñanza, tanto en los temas teóricos como en los trabajos prácticos.

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

⁷ e-mail: cbecerra@utalca.cl

secuencia “¿qué objetivos deben lograr los estudiantes?, ¿qué contenidos impartir?, ¿cómo ha de ser el examen para constatar el aprendizaje logrado?”, sino que obliga a formularse las preguntas “¿cómo problematizar el curso y cada uno de los temas incluidos para favorecer el aprendizaje con sentido? y ¿cómo evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje?”.

Desde nuestra propuesta, por tanto, para organizar la estructura de los temas y los cursos, 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 estudiantes implicados. Este análisis está guiado por preguntas tales como:

- ¿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 estrategia(s) conviene proponer a los estudiantes para avanzar en la solución a los problemas iniciales?

Este estudio está dirigido, en definitiva, al diseño de una estructura del curso que permita a los estudiantes, con el apoyo de 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:

1. 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.
2. 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.
3. Organizar el índice de cada uno de los temas/problema de forma que responda igualmente a una posible estrategia para avanzar en su solución. 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?

4. 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 abiertas 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, y la resolución de problemas se integran con sentido, junto a la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura de problematizada.
5. 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 científicos. 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.

Presentaremos seguidamente un ejemplo concreto: la mecánica de la partícula (en este artículo sólo se presenta una pequeña parte de este tema problematizado)

¿Cómo explicar el movimiento de todas las cosas, independientemente de la naturaleza del objeto que se mueve?
Mecánica

Introducción y 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 el Sol por el día, en la Luna, 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 central que vamos a tratar en esta unidad es el estudio del movimiento de las cosas, desde el de vehículos, como un automóvil o un tren, hasta el de astros, como la Luna o el Sol, o simplemente, el 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:

- a) *Un vehículo de transporte de personas.*
- b) *Un avión cuando aterriza o despega.*
- c) *Un coche cuando frena.*
- d) *La Luna y el Sol.*

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 el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas) y el de los objetos terrestres (como una piedra, un papel u otros).

☞ A.2 Indica, si las hay, las diferencias entre el movimiento de los astros, como la Luna, los planetas, y el de los cuerpos en la superficie terrestre.

☞ A.3 Si se lanza un objeto, como una piedra, cae al suelo. ¿Por qué no le ocurre lo mismo a la Luna?

☞ A.4 Recoge por escrito las respuestas de cinco personas (familiares y/o amigos) a la pregunta anterior. Expresa el resultado de tu indagación y las de tu equipo de trabajo en un esquema (señalando: tipos de respuestas y número de personas que han dado un tipo de respuesta determinada).

Reflexiona y comenta con tu equipo de trabajo sobre las respuestas que han dado.

☞ A.5 Lee, medita y comenta con tu equipo de trabajo el siguiente artículo. Es un artículo que da a conocer la física aristotélica (siglo IV a. de C.) y su explicación sobre el movimiento de los cuerpos terrestres y el de los cuerpos celestes.

Hemos visto en las actividades anteriores que, para los antiguos griegos y en la actualidad, para la mayoría de las personas parece evidente que hay diferencias esenciales sobre cómo es y cómo se produce el movimiento de los astros y el de los cuerpos en la superficie terrestre.

La ciencia moderna no sólo persigue resolver situaciones de interés práctico inmediato, sino que se caracteriza por la búsqueda de explicaciones unitarias, es decir, lo más universal posible. La finalidad de la ciencia es tratar de explicar de la misma forma fenómenos que, en principio, parecen esencialmente distintos.

Tratar de hacer eso implica poner en duda lo que parece evidente y a enfrentarse a verdaderas barreras intelectuales. El problema *del movimiento* es un ejemplo claro en este sentido: ¿Cómo puede ser posible que el movimiento que realiza una piedra lanzada al aire puede explicarse de la misma manera que el movimiento de la Luna?. ¿Alguien puede pensar que el movimiento de un globo de hidrógeno y el de una bola de acero se puedan explicar utilizando los mismos conceptos físicos?.

Esto es a lo que nos vamos a enfrentar en esta unidad: tratar de conseguir una explicación de por qué el movimiento de un objeto es de una forma determinada; una explicación que sea igualmente válida para un automóvil, una piedra o la Luna.

La pregunta estructurante que servirá para organizar el estudio y para orientarnos, será:

¿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?.

En definitiva, vamos a poner en cuestión lo que parece obvio a simple vista, la existencia de barreras insalvables, y a tratar de encontrar una explicación universal al movimiento de todas las cosas.

Para que nuestra tarea sea posible y fructífera, es necesario proponer problemas más concretos, fácilmente abordables, que constituyan el hilo conductor de la unidad 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 un plan de investigación o una estrategia para avanzar en su solución, un posible plan podría ser:

1. *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 para nada naturaleza del cuerpo que se mueve.*
2. 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 podemos conseguir que un movimiento sea de un tipo u otro?.* Dentro del tratamiento de este problema, será de especial interés tratar de superar las barreras a las que nos hemos referido, planteando cuestiones como:
 - a) *¿Qué hace falta para que el movimiento rectilíneo de un objeto sea circular y uniforme como el 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?.*

-
- c) ¿Qué haría falta para que un objeto terrestre (un coche, una persona) se moviera como la Luna?,
- d) ¿Podemos explicar la causa de las diferencias entre el movimiento de un globo de hidrógeno y el de una piedra, cuando ambas se sueltan de la mano?.
3. A continuación, *realizaremos 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.

Bibliografía

Burbules, N. Y Linn, M. (1991). *Science education and philosophy of science: congruence or contradiction*. International Journal of Science Education, 13(3), 227-241.

Duschl, R. Y Gitomer, D. (1991). *Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice*. Journal for Research in Science Teaching, 28(9), 839-858.

Gil Pérez, D. Y Vilches, A. (1999). *Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y la universidad: contra las evidencias*. Revista española de física, 13(5), 10-15.

NRC, 1996. National Standards for Science Education.

Pozo, J. I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI/Santillana.

