

# Estrategias didácticas: Investigación-acción

**A. Gras-Martí**

Departamento de Física Aplicada, Universidad de Alicante  
[agm@ua.es](mailto:agm@ua.es), <http://www.ua.es/dfa/agm>

y colegas de la UV, EHU-UPV, y diversos IES

*Grupo de investigación en  
Didáctica de las Ciencias experimentales  
y en la introducción de las TIC en la docencia*

## Orientación de la Enseñanza como investigación dirigida

**¿Por qué y cómo organizar la enseñanza de las  
Ciencias en torno a problemas?**

*UPC, Lima, noviembre, 2004*

# MEPI? ABP/PBL?

- **Definition:** Problem-Based Learning (PBL) is an instructional strategy that promotes active learning. PBL can be used as a framework for modules, courses, programs, or curricula.

## Characteristics of PBL

- Learning is student centered.
- Learning occurs in small student groups.
- Teachers are facilitators or guides.
- Problems form the organizing focus and stimulus for learning.
- Problems are a vehicle for the development of clinical problem-solving skills.
- New information is acquired through self-directed learning.

# Componentes del proceso de E/A

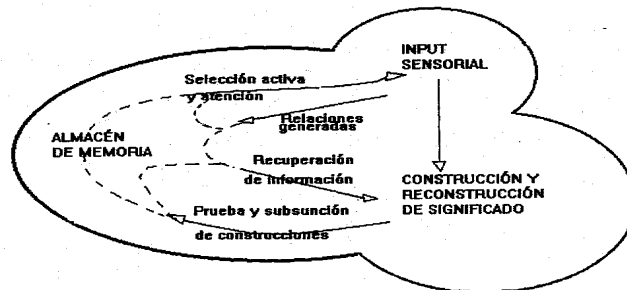
## Investigación (MEPI)

- |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| I: Diseño de un curso            | I ✓                 |
| II: Programa-guía actividades    | II ✓                |
| III: Estrategias didácticas      |                     |
| – III.1: Resolución de problemas | – III.1 ✓           |
| – III.2: Simulaciones            | – III.2             |
| a) Modelización                  |                     |
| b) Applets                       | – III.3 ✓ (no E×AC) |
| c) Programas específicos         |                     |
| – III.3: Experimentos            | – III.4: ✓ (no TIC) |
| – III.4: Puesta en común         |                     |
| IV: Evaluación                   | IV: ✓               |

**ALGUNAS SUPOSICIONES DE LA CONCEPCIÓN CONSTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE HUMANO  
(Según modelo de Osborne y Wittrock, 1985)**

- El significado no es un "producto" que pueda ser trasladado
- Elaboramos significados continuamente
- El proceso de elaboración de significados cuesta tiempo. Es algo distinto de la señal exterior y de los conocimientos ya disponibles
- Utilizamos nuestras ideas para generar expectativas de lo que va a ocurrir antes de que ocurra
- El cerebro es capaz de prestar atención selectiva. Las señales exteriores generan relaciones en nuestro cerebro, activando (filtrando) unas ideas determinadas
- El primer significado es de naturaleza tentativa: debe ser "evaluado" para ser aceptado
- El nivel de profundidad de esta evaluación es variable

**LA CONSTRUCCIÓN ACTIVA DE SIGNIFICADO [ Osborne y Wittrock, 1985]**



## ¿Por qué cambiar?

### ¿Es que hay alguna dificultad especial para aprender conocimientos científicos?

- La situación social, económica y tecnológica ha cambiado las necesidades formativas
- ¿Acaso, hasta ahora no han aprendido bien los alumnos que tenían capacidad y estudiaban?
  - Supuestos implícitos y respuestas obvias
  - Del interés por las respuestas correctas al interés por el significado: Análisis de actividades utilizadas en investigaciones sobre el aprendizaje de conocimientos científicos

## Porcentaje de respuestas erróneas

%	3° BUP N=83	COU N=84	1° QUIM N=86	2° QUIM N=35	CAP N=234	PROF SEC N=236
1ª Astro- nauta	94	89	80	91	84	57
2ª (Luna)	99	96	93	97	91	74
3ª (Aire)	---	---	---	---	75 (3)	63

## Cuestiones planteadas por los resultados

¿Cómo es posible los altos porcentajes de error en conceptos básicos de ciencias en las personas que han recibido instrucción sistemática?

¿Cómo explicar que no haya diferencias importantes entre alumnos de ciencias y letras o de distinto nivel académico?

¿Cómo podríamos evitar esta situación?

## Hechos bien establecidos

- Las características de los “errores” de los alumnos en cientos de trabajos apoyan la existencia e influencia de concepciones espontáneas y la necesidad, por tanto, de tenerlas en cuenta para enseñar
- Existe un fracaso generalizado al enfrentarse a problemas novedosos
- La enseñanza convencional – que suele basarse en la transmisión de conocimientos en su estado final- se ha mostrado muy inefectiva para superar las ideas espontáneas de los estudiantes

## Hipótesis de los modelos de E/A por investigación

- El aprendizaje “sólido” de conocimientos científicos exige
  - desarrollo simultáneo de procesos de producción y aceptación típicos del trabajo científico
  - implicación actitudinal necesaria para que esa tarea tan exigente pueda llevarse a cabo.

- Cambio conceptual acompañado de cambio epistemológico (forma de producir y aceptar conocimientos)
  - El “qué” debe ir acompañado de
    - “para qué”
    - “¿qué interés tiene?”
    - “por qué creemos que es así y no de otro modo”
    - “cómo hemos llegado a saber ...”
- Organizar la enseñanza del modo más coherente posible con la metodología científica
  - construir y poner a prueba conocimientos
  - ambiente hipotético/ deductivo

¿Se puede planificar **sistemáticamente** la enseñanza en torno a problemas?

**Requiere pensar de otra manera**  
**(objetivos, contenidos, metodología, examen)**

**¿Cómo problematizar el curso y cada uno de los temas para favorecer el aprendizaje con sentido? / ¿cómo evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje?**

**Un conocimiento profundo, problematizado de la materia a enseñar por el equipo de profesores**

**Posiblemente, cambiar nuestro comportamiento en el aula**

## Estructura básica para una instrucción problematizada

Plantear, en el **inicio** del curso y de cada uno de los temas, situaciones problemáticas estructurantes

Diseñar la **secuenciación** de los temas del curso como una posible estrategia

Organizar el **índice** de los temas como **posible estrategia**, según una lógica problematizada

Los **conceptos y modelos** se introducen como hipótesis fundadas, son fundamentales porque contribuyen a avanzar en problemas fundamentales

Realizar **recapitulaciones problematizadas**

## Ejemplos de Problemas Estructurantes

TÍTULO HABITUAL	TÍTULO COMO PROBLEMA	SECUENCIA DE TEMAS/ PROBLEMAS
Energía, trabajo, calor, 2º principio	<b>¿Existen limitaciones en los cambios que ocurren en la naturaleza, que nos permitan relacionarlos, predecirlos?</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Existen <b>restricciones</b>, límites, <b>en la cuantía de los cambios mecánicos que ocurren?</b></li><li>2. Cuando la energía mecánica se <b>crea o desaparece</b> siempre ocurren cambios no mecánicos, <b>¿existen relaciones entre los cambios mecánicos y no mecánicos?</b></li><li>3. <b>¿Por qué se paran</b> los cambios en los sistemas? ¿por qué no ocurren cadenas de cambios que energética-mente podrían ocurrir?</li></ol>

# La resolución de problemas de “lápiz y papel” en la enseñanza de las Ciencias

¿De verdad enseñamos a los alumnos  
a enfrentarse a problemas?

## Necesidad de un replanteamiento en profundidad

- ¿Qué hemos de entender por problema?
- En qué medida las explicaciones de los problemas hechas por profesores y libros están de acuerdo con la naturaleza de un auténtico problema
- Si un problema es una situación para la que no se tiene respuesta elaborada, ¿cómo habrá que enfocar su solución?



## Naturaleza de los problemas

- Es una situación para la que no se dispone de una respuesta ya hecha, genera incertidumbre
- Problema/ ejercicio
- ¿En qué medida se enseña a enfrentarse a problemas a los estudiantes?
- Los análisis en bachillerato y universidad, muestran que no se enseña a resolver problemas
- Se explican soluciones ya hechas
- Comportamiento del profesor

## ¿Cómo habría que enfocar la solución de problemas?

- Si es una situación abierta, para la que no se dispone de una respuesta hecha, ..., parece lógico pensar que su proceso de solución debe tener las características de un proceso de investigación:
  - Planteamiento y acotación de la situación problemática, hasta poder avanzar
  - Formulación de hipótesis y diseño de estrategias
  - Puesta en práctica de las estrategias
  - Interpretación y contrastación de resultados
  - Identificación de nuevos problemas

## Transformar los enunciados para favorecer un abordaje como investigación

"Sobre un móvil de 5000 kg, que se desplaza con una velocidad de 20 m/s, actúa una fuerza de frenado de 10000 N. Hallar la velocidad que llevará a los 75 m de donde comenzó a frenar"

*Possibilidades:*

"Un coche comienza a frenar al ver la luz roja, ¿con qué velocidad llegará al paso de peatones?"

"¿Arrollará el tren a la vaca?"  
o "¿chocará el vehículo con el obstáculo?"

## Análisis de las prácticas de laboratorio habituales

- ¿Cuáles son los objetivos de los trabajos prácticos?
- ¿Qué características debería tener un T.P. para ser coherente –en la medida de lo posible- con la epistemología científica?
- ¿En qué medida los TP convencionales poseen dichas características?

El diseño experimental es presentado:

- |   |    |
|---|----|
| ●Elaborado como una receta  | 40 |
| ●Elaborado en general, dejando sólo algunos detalles para ser resueltos por los estudiantes | 57 |
| ●Propiciando la participación de los estudiantes  | 3  |

Se propone un análisis de resultados en profundidad, a la luz de las **hipótesis** y/o del cuerpo de conocimientos, incluyendo una comparación con otros equipos, etc

0

Se solicita la consideración de perspectivas abiertas a través de:

- |  |    |
|--|----|
| - otros diseños alternativos al de la guía | 4  |
| -- Nuevos problemas derivados              | 13 |
| -- relaciones CTS                          | 4  |

La evaluación como instrumento  
de impulso al aprendizaje

La evaluación

*¿Por qué es importante tratar la evaluación?  
¿Influye en la actividad de profesores y alumnos?*

- “Las limitaciones de los exámenes constituyen la principal contribución al problema de la motivación de los estudiantes en el momento de elegir entre aprender significativamente y no mecánicamente” (Novak, 1991)
- “En la evaluación, más que en ninguna otra actividad, se muestra con total claridad aquello a lo que realmente se da importancia” (Gil, 1986)

*¿Por qué es importante tratar la evaluación?  
¿Influye en la actividad de profesores y alumnos?*

- ***“Las innovaciones curriculares acaban vaciándose si no se ven acompañadas de innovaciones similares en la evaluación”***  
(Cong. de Berkeley, 1986)
- Es un aspecto clave para poder levantar una concepción global y coherente sobre la enseñanza de las ciencias que sea una alternativa a la enseñanza convencional

## ¿Cómo conseguir que la evaluación sea vista como una ayuda para aprender?

- **Influencia de las concepciones, actitudes y expectativas del profesor**
  - “Al principio hay que ser duro, para que no se confíen”
  - Un pequeño experimento
- Resaltando sus avances
- Favoreciendo que adviertan los obstáculos y/o sus errores y aprendan de ellos
- Favoreciendo la autorregulación. Que estén orientados
- No restringiendo la evaluación sólo a los alumnos.

### Recapitulación:

- ¿Disponemos de una propuesta global?
- ¿Qué hemos avanzado en el problema planteado?

- Sí, es posible diseñar sistemas de evaluación coherentes con una concepción de la E/A como un proceso de construcción de conocimientos
- Conocemos, mejor que nunca, las ideas espontáneas, los “puntos claves”, cómo fomentar el cambio epistemológico, actitudinal y conceptual y debemos utilizar la evaluación para ayudar a que este cambio sea posible
- Evaluación y aprendizaje son dos caras de la misma moneda (buena evaluación/enseñanza )

# Ejemplo: MEPI en la enseñanza de Electromagnetismo en 1r ciclo de carreras universitarias de Ingeniería

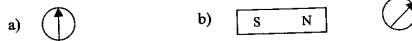
Relación de objetivos	Dificultades de aprendizaje
1. Reconocer que toda la materia es de naturaleza eléctrica.	1. Confundir la propiedad de los materiales para conducir o no la electricidad con su naturaleza eléctrica.
2. Entender que la naturaleza eléctrica de la materia se explica al aceptar la existencia de cargas eléctricas en su seno, que se presentan en dos formas, tal que cargas del mismo signo se repelen y de signos contrarios se atraen.	2. Pensar que los cuerpos neutros no tienen cargas.
3. Explicar de acuerdo con el modelo anterior fenómenos de electrización por frotamiento, contacto e inducción.	3. Entender que el frotamiento "crea" cargas o que es necesario el contacto para la electrización de los cuerpos.
4. Expresar de forma cuantitativa a través de la ley de Coulomb la interacción entre cargas en reposo.	4. Excesivo operativismo sin relacionar la ley con el modelo de "acción a distancia" que se ha construido. Dificultades en el manejo de control de variables.
5. Comprender las limitaciones del modelo coulombiano para interpretar las interacciones eléctricas.	5. La interacción eléctrica es una interacción entre cargas, siendo el campo eléctrico el vehículo de esa interacción.

## FUENTES DEL CAMPO MAGNÉTICO

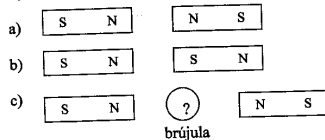
- A.1 ¿Qué interés puede tener estudiar el tema del campo magnético?
- A.2 Poner y explicar ejemplos del campo magnético.
- A.3 ¿Qué solemos utilizar para detectar el campo gravitatorio y/o eléctrico?  
¿Cómo detectar que hay un campo magnético?
- A.4 ¿Cuál es la fuente del campo magnético?

### Imanes e interacción magnética.

- A.5 Antes de poner el imán, la brújula está orientada hacia el Norte, (figura a), pero después de poner un imán a su lado, su orientación cambia, (figura b).  
¿Cuál será la dirección y sentido del campo magnético creado por el imán?  
Cuando se da la vuelta al imán, (giro de 180°), ¿qué dirección tomará la brújula? ¿cuál será la dirección y sentido del campo magnético del imán?



- A.6 ¿Qué sucederá en las siguientes interacciones?



- A.7 Es bien conocido que, al igual que sucedía con la interacción gravitatoria y eléctrica, la interacción magnética atraviesa la materia. Pon un ejemplo.

## II. METODOLOGIA DEL CURSO

Los asistentes se distribuirán en pequeños grupos de trabajo de 3 o 4 personas e irán haciendo las actividades propuestas con la orientación del profesor, teniendo oportunidad de expresar sus puntos de vista y de discutirlos mediante frecuentes puestas en común.

Al principio se expondrá un hilo conductor del curso, de forma que los participantes sepan en todo momento dónde están y qué se va a realizar a continuación. Esto no supone un programa rígido y que no pueda variarse, sino que se trata de asegurar la adquisición de una visión global y coherente de algunos de los principales resultados de la investigación didáctica en el campo de la Electroestática.

Este curso no se compone de conferencias que pueden ser escuchadas parcialmente y, por tanto, es necesaria la asistencia a la totalidad de las sesiones para poder obtener una visión global del mismo.

## III. CONTENIDOS

- 1.- Dificultades de aprendizaje de los conceptos básicos de Electroestática ( carga eléctrica, campo y fuerza eléctricos) y Magnetostática
- 2.- Dificultades de enseñanza de los conceptos básicos del campo eléctrico y magnético.
- 3.- Propuesta de nuevas estrategias didácticas que favorezcan un mayor y mejor aprendizaje.
- 4.- Presentación y características de materiales de enseñanza y de los resultados de su utilización en el aula.

Carlos Becerra Labra	La enseñanza de la mecánica newtoniana con una estructura problematizada en el primer curso universitario: Efectos sobre el clima del aula, el aprendizaje conceptual y la capacidad para la resolución de problemas pàgs.1-14 (Tesis completa en Word, 2 Mb)
José Manuel Almudí García	Introducción del concepto de campo magnético en primer ciclo de Universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta de enseñanza alternativa de orientación constructivista 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
Manuel Alonso Sánchez	La evaluación en la enseñanza de la física, como instrumento de aprendizaje (UV, 1994)
Josep Lluís Domènech	L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. Tesis Doctoral (UV) 1, 2
Jesús Carnicer Murillo	El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos (pdf, 2 Mb). Tesis Doctoral (UV, 1998)
Rafael López-Gay Lucio Villegas	La introducción y utilización del concepto de diferencial en la enseñanza de la Física (UAM, 2001) 1, 2
Gómez Moliné, Margarita	Algunos factores que influyen en el éxito académico de los estudiantes universitarios en el área de química (UAB, 2003)
Badia Martín, Maria del Mar	Las percepciones de profesores y alumnos de ESO sobre la intervención en el comportamiento disruptivo: un estudio comparativo de los IES y escuelas de enseñanza secundaria de la comarca del bagas (UAB, 2001)
Jeffery M. Saul	Beyond problem solving: Evaluating introductory physics courses through the hidden curriculum, 1998
Michael C. Wittmann	Making sense of how students come to an understanding of physics: An example from mechanical waves, 1998, (University of Maryland Physics Education Research Group)
Bao	Dynamics of student modeling: A theory, algorithms, and application to quantum mechanics, 1999, (University of Maryland Physics Education Research Group)