

# EL REBOTE DE LAS ESFERAS SEGÚN LOS PROFESORES DE PRIMARIA: UN ACERCAMIENTO A LAS IDEAS EN FÍSICA Y A LAS REPRESENTACIONES EPISTEMOLÓGICAS A TRAVÉS DE UNA FORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROBLEMAS CIENTÍFICOS

Luz Martinez, Cécile de Hosson, Nicolas Décamp

*Univ Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, LDAR, EA 1547, F-75013, Paris, Francia*

luz.martinez01@etu.univ-paris-diderot.fr, cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr, nicolas.decamp@univ-paris-diderot.fr

**RESUMEN:** Los currículos de Francia y Colombia presentan algunos puntos de referencia comunes relacionados con la enseñanza de las ciencias en la educación básica. Se trata de privilegiar la formulación de problemas como punto de partida para el aprendizaje dentro de las prácticas experimentales. La enseñanza basada en la indagación se establece como principio motivador de estas disposiciones, sin embargo, de acuerdo a algunos investigadores, los profesores no las asimilan correctamente.

El objetivo de esta investigación es la formación para la construcción de problemas que permitan a profesores «no-científicos» la construcción de conocimientos. En esta comunicación presentamos una primera aproximación referente al rebote de las esferas como tema a desarrollar en física y a las posturas de estos profesores frente a la construcción de un problema «fecundo».

**PALABRAS CLAVE:** Construcción de conocimiento, formación docente, rebote de los cuerpos, problemas fecundos.

**ABSTRACT:** The curriculums of France and Colombia have some similar frames of reference related to the teaching of science in elementary education. They privilege the formulation of the problems as a starting point for learning within the experimental practices. The inquiry-based learning is a motivating principle of these disposals; however, some researchers argue the teachers do not properly assimilate these. The aim of this research is training to formulation of the problems that allow «non-scientific teachers» to create knowledge. In this paper we present a first approach regarding the bouncing of the balls as a topic to develop in physics and the teacher's points of view towards the statement of a «fruitful» research problem.

**KEY WORDS:** bouncing of the balls, coefficient of restitution, fruitful problems, teacher education, knowledge Building

---

## INTRODUCCION

A nivel internacional, los programas de enseñanza de las ciencias, sugieren orientaciones pedagógicas basadas en la indagación. Propositiones relacionadas con el desarrollo de prácticas autónomas, la formulación de problemas y el desarrollo de habilidades asociadas a prácticas experimentales (AAAS, 1993; NRC, 2001) son un punto común en lo que se refiere a los currículos francés y colombiano (MEN Colombia 2004, MEN Francia, 2008). Sin embargo, algunos autores sugieren que los profesores no estarían lo suficientemente formados para tales requerimientos (Mathé 2010, Pélissier & Venturini, 2012)

Nuestro interés es proporcionar a profesores de primaria herramientas para la construcción de problemas científicos, por lo que hemos elegido realizar un taller de formación con una temática ausente en los programas de educación básica: el rebote de los cuerpos. Este es un tema de controversia entre los científicos Huygens y Leibniz en el siglo XVII (Viard, 2003). Algunos investigadores procuraron condiciones para la replicación de este debate con estudiantes de secundaria (Langlois, et al, 1995). Inspirados en estos resultados hemos concebido una propuesta.

Es así como nos interesamos por las condiciones presentes, en términos disciplinares y en tendencias sobre la naturaleza de las ciencias, frente a la construcción de un problema «fecundo», que significa, un problema que permita el acceso al conocimiento en el marco experimental.

## REFERENTES TEORICOS

Nuestra propuesta se compone de elementos de un aspecto «guiado» que consiste en las condiciones experimentales ideadas para esta formación, que en todo caso, son imperceptibles para los profesores; por otro lado, un aspecto «libre» basado en el aprendizaje por indagación e inspirado en la resolución de problemas y la creatividad (Garret, 1988., Gil & Martínez-Torregrosa 1994).

Ahora bien, teniendo como interés principal la construcción de problemas, recurrimos al marco teórico de la «problematización» desarrollado en Francia, cuyo interés principal ha sido el análisis de la construcción de problemas en el debate científico escolar (Y. Lhoste & Peterfalvi, 2009; Orange, 2006). Nuestro interés es adicionar a esta propuesta la actividad experimental proporcionando otros elementos de construcción y validación.

## METODOLOGIA

Propusimos un taller en el marco de la formación continua destinado a profesores de primaria sin formación universitaria en ciencias. Hemos estudiado dos tipos de poblaciones: profesores colombianos, cuyos grupos son denominados CCG1, CCG2, CCG3, y profesores franceses cuyos grupos se denominan P7G1, P7G2, P7G3, P7G4 y P7G5. Se han analizado alrededor de 12 horas de transcripción, bajo los criterios del análisis de contenido basado en inferencias (Bardin, 1977).

Se inicia con un solo enunciado abierto: «Ustedes son científicos que desean estudiar el rebote de esferas. ¿Qué les interesaría estudiar en particular? y se espera la generación de prácticas espontáneas. El objetivo será proponer una pregunta y resolverla mediante una práctica experimental espontánea.

El material utilizado comprende entre otros: esferas de una misma masa y un mismo material aparente, rebotando de diferente forma así: esferas de caucho que rebotan a menor altura que esferas metálicas; esferas rígidas rebotando unas más que otras; esferas de diferente tamaño e igual masa con un rebote similar; etc. Esto podría generar situaciones que no son intuitivas y que podrían dar paso a la apropiación de problemas mediante la confrontación a momentos de tensión.

Los instrumentos de medición utilizados son: reglas, metros, cronómetros, balanzas digitales. Estos instrumentos no tienen la resolución suficiente para identificar las influencias del rozamiento en el movimiento o para establecer el nivel de «elasticidad» de la esfera; hecho que invalida un posible estudio de la materia.

## RESULTADOS

Identificamos un total de 23 preguntas con información suficiente para ser analizadas. Se observa en general un interés marcado por el estudio de influencias entre magnitudes físicas, incluso si la formulación de las preguntas es diferente (cerradas (14/23), «como» (7/23), «por qué» (2/23)). Proponemos así la siguiente clasificación:

Tabla 1.  
Clasificación de las preguntas formuladas por los profesores a lo largo del taller

		Comparar	Describir	Causa-efecto	Otro
QI	Influencia de la materia			5	
QII	Influencia del peso			2	
QIII	Condiciones para un mejor rebote		2		
QIV	¿Por qué rebotan las esferas?			2	
QV	Influencia del tamaño			2	
QVI	¿Todos los cuerpos rebotan?	3			
QVII	Influencia de la altura inicial	2			
QVIII	¿Cómo rebotan las esferas?		1		
QIX	Influencia de la velocidad			1	
QX	¿Una esfera plástica rebota mejor que una esfera en espuma?	1			
QXI	¿Cuáles son las variaciones observables?			1	
QXII	Encontrar un coeficiente relacionado cualquiera				1
	TOTAL	6	3	13	1

Estas preguntas abordan la construcción de conocimientos variados. Entre estos conocimientos se observa la construcción de una ley física traducida por una elección útil a la construcción del coeficiente de restitución «e», por ejemplo los valores sucesivos de la altura (QVII). La estimación de esta constante permite predicciones a lo largo del tiempo; es por tanto, un claro ejemplo de construcción de un saber científico

Otros conocimientos construidos se refieren a: la necesidad de aislar una magnitud que representa la variable experimental a estudiar (QX, QIV, QVIII, QXI), la elección de magnitudes a descartar como el tamaño de las esferas (QV) y las condiciones de medición (QI, QII).

Por otra parte encontramos situaciones que hemos denominado «conflictos», es decir aquellos momentos de tensión que tienen un rol en la construcción de los problemas. Es así como algunos «conflictos» motivan un cambio en la pregunta, otros sugieren una pregunta más detallada y otros implican un bloqueo en la práctica.

Tabla 2.  
Conflictos encontrados durante el proceso de construcción del problema

C1	No se encuentran regularidades en los resultados [bloqueo (1): P7G1; cambio (3): P7G2, P7G3 y P7G5; profundización: (1) P7G4]
C2	El número de rebotes no cambia al variar la masa o la materia [profundización (1): P7G3; bloqueo (1): P7G4]
C3	Las variadas influencias de las magnitudes, son difíciles a determinar en la experimentación [profundización (2): P7G1; P7G4; cambio (1): P7G3, bloqueo (1) P7G2]
C4	La materia es ambigua como magnitud física [bloqueo (1): P7G2]
C5	No se puede separar la materia de la masa. Esto obliga a estudiar 2 variables al mismo tiempo [cambio (2): P7G5, CCG2]
C6	La pregunta parecen tan obvia e intuitiva que no merecen ser estudiada mediante una práctica experimental [cambio (4): CCG2, CCG1, P7G2 y P7G5]
C7	La pregunta es muy difícil para ser estudiada [cambio (3): P7G2, P7G3y CCG1]

Vemos que el rol de los «conflictos» cambia dependiendo el contexto donde se desarrolla, es decir, según el grupo y el tipo de pregunta (tabla 2). Existen conflictos consecuentes con el diseño experimental de nuestro taller (C1, C3 y C5), también existen conflictos que podrían ser difíciles de predecir en el contexto de una práctica «libre» (C6, C7). Hemos establecido una primera confrontación entre los conflictos encontrados y la formulación de las preguntas, en la siguiente tabla:

Tabla 3  
Relación percibida entre preguntas y los «conflictos»

Preg. / Conf.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
QI	x	x		x			x
QII		x	x				
QIII			x				x
QIV			x				
QV					x	x	
QVI						x	
QVII							
QVIII	x						
QIX						x	
QX					x		
QXI						x	
QXII							x

Constatamos por ejemplo que la pregunta que presenta el mayor número de conflictos (QI: Influencia de la materia, ver tabla 3), es una pregunta frecuente y difícil de tratar. Vemos también que el conflicto más frecuente se refiere a situaciones probablemente inesperadas (columna C6 en tabla 3).

## Posturas de los profesores frente a la construcción de su conocimiento científico

La formulación de preguntas y surgimiento de conflictos provocaron ciertas reacciones en los profesores que pretendemos caracterizar bajo la forma de posturas frente a los procesos de construcción. Algunas investigaciones nos han servido para definir categorías que caractericen estas posturas, allí se evocan dos tendencias de razonamientos en función de su conformidad con una epistemología deseable (Porlán Ariza et al., 1998, Thomaz MF et al, 1996, Roletto, 1998, Vásquez y Manassero, 2000, Grouleau, 2011), estas son:

- En el *Polo 1* (empirismo, inductivismo, realismo, positivismo, visión tradicional) encontramos ideas como: existencia de una sola vía o método para acceder al conocimiento científico (P1A), la observación es el primer paso en este método (P1B), los conocimientos científicos son objetivos y universales (P1C), estos tienen un valor epistemológico mayor que los conocimientos científicos más subjetivos o cotidianos (P1D).
- En el *Polo 2* (constructivismo social, nueva filosofía de la ciencia, filosofía contemporánea, visión alternativa) tenemos: la metodología científica es diversa y esto implica otros métodos e instrumentos de investigación (P2A), la actividad científica es lógica, creadora, ella no puede estar codificada en forma de receta (P2B), el saber científico está situado históricamente y por lo tanto es relativo (P2C), la ciencia es un intento por comprender el mundo, por construir un conocimiento científico que no debe ser asociado a la verdad (P2D).

Hemos analizado el desempeño de nuestros grupos en los siguientes aspectos:

*Tabla 4.*

Clasificación de los grupos a través de las inferencias construidas sobre las practicas experimentales, la formulación de hipótesis y el rol de la observación

GR	Práctica	Hipótesis	Observación	Tendencia.	Dificultades identificadas para dar término la actividad
P7G1	P1C	P1C	P1C	P1	«estamos atrapados»
P7G2	P0	P1C	P1C	P1	«se requieren conocimientos en física « «no sabemos cómo explicar»
P7G3	P2A	P2A	P2A	P2	Problema «fecundo»
P7G4	P2B	P2C	P1D	P2	«no es una práctica común»
P7G5	P1D	P1A	P1C	P1	«bueno... estamos bloqueados»
CCG1	P0	P0	P1B	P0	«Concluimos eso pero no es la idea»
CCG2	P0	P1C	P1C	P1	«Problema fecundo»
CCG3	P0	P1D	P1B	P1	No manifiestan conflictos explícitamente. No percibimos apropiación del problema.

El análisis de los resultados nos permitió deducir las siguientes tendencias:

1. Tendencia «verificación»: (Asociada a P1) Se trata de prácticas donde se plantea la necesidad de establecer puntos de referencia mediante conocimientos preestablecidos. La experimentación debe reflejar claramente la validez de estos conocimientos. Por lo tanto, el conocimiento científico no se construye, se constata a través de la experiencia.

2. Tendencia «creación»: (Asociada a P2). Prácticas que consideran posible la creación de conocimientos sin necesariamente tener formación al respecto. Son temas sobre los cuales se estima que no se poseen los conocimientos previos suficientes. En ese sentido juzgar los resultados se vuelve difícil y se corre el riesgo (o la fortuna) de que todos los resultados sean tenidos en cuenta.
3. Tendencia al «contrato»: (Asociada a P0): En estas prácticas hay un interés marcado en cumplir con las disposiciones del profesor guía. Esta posición impide juzgar resultados referentes a sus posturas, porque es en última instancia la aprobación del profesor la que valida su práctica y define sus actividades

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las diferentes condiciones que constituyen nuestra proposición de formación han permitido la construcción de problemas «fecundos». Allí se observó la evolución del interés de estudio de los profesores y la construcción de diferentes conocimientos científicos. Sin embargo, también se observó que no todas las preguntas formuladas representan un problema «fecundo» y que esto trasciende el tipo de formulación de la pregunta escogida por lo profesores

La identificación de las posturas implícitas de los profesores frente a la construcción de un problema fecundo nos permite dilucidar otro tipo de condiciones que pueden intervenir. Sería interesante por ejemplo dilucidar aquello que los profesores validan como conocimiento científico en el marco de la experimentación en un salón de clase, a la luz frustraciones generadas.

Esta investigación constituye un primer paso hacia la creación de una heurística que se extiende hacia la construcción de otros conocimientos, ya sea magnitudes físicas, predicciones, leyes, etc., para los cuales la construcción de un problema fecundo represente una vía de acceso. Creemos que los resultados obtenidos serán útiles en el marco de la formación de profesores que, sin una formación científica, deben proponer clases de ciencia donde la formulación de un problema representa un elemento fundamental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*.
- Bachelard, G. (1993). *La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris:Vrin.
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*, Paris: Puf
- Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp. 224-229.
- Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5, pp. 447-457.
- Grouleau, A. (2011). *Les rapports à la Physique et à l'enseignement de la physique de futures enseignantes du primaire inscrites dans un profil d'étude collégiales en éducation*. Tesis de Maestria Université LAVAL. Québec.
- Langlois, F., Gréa, J., & Viard, J. (1995). Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 179-191.
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT: l'exemple du concept de nutrition. *Aster « Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique »*, 49, pp. 79-108.

- 
- Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français : Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants*. Tesis Doctoral Université Paris Diderot-Paris 7.
- MEN Colombia. (2004). *Estándares básicos en competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Série Guías No. 7. Bogotá: Cargraphics S.A.
- MEN Francia (2008). *Programmes de collège*. Bulletin officiel de l'Éducation Nationale spécial n° 6 du 28 août 2008
- NRC. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. National Academies Press.
- Orange, C. (2006). Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences. In *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Pélissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques? In B. Calmettes (dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation*, Paris: L'Harmattan.
- Porlán Ariza, R., García García, E., Rivero García, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, pp. 207-235.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques: points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 26, pp. 11-31.
- Thomaz, M. F., Cruz, M. N., Martins, J. P., & Cachapuz, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 315-322.
- Vázquez Alonso, A., & Manassero Mas, M. A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, (37), 187-208.
- Viard, J. (2003). Peut-on ignorer la cause du rebond? Une question historique toujours d'actualité. In *Enquete Sur Le Concept De Causalite*. Paris: Presses Universitaires de France.