

# APRENDIZAJE COLABORATIVO DE MECÁNICA EN BACHILLERATO FACILITADO CON LOS SMARTPHONES Y LA ARGUMENTACIÓN

David Méndez  
*CES Don Bosco*

Josip Slisko  
*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

**RESUMEN:** Se han planteado dos preguntas de mecánica a una muestra de 104 estudiantes de 1º de bachillerato de dos centros escolares. La secuencia de aprendizaje tenía tres fases. En la primera, los alumnos tenían que responder a estas cuestiones y dar razón de éstas por medio de sus Smartphones y una página web. La segunda fase consistía en el aprendizaje colaborativo en que se discutían las respuestas y razones individuales. En la tercera fase, los alumnos volvían a contestar con sus Smartphones. Se puede concluir que esta manera tecnológica de recoger y guardar las respuestas y las razones de los estudiantes es viable. El análisis de las respuestas muestra que las concepciones alternativas persisten en alumnos de 17 años. Se observa un cambio positivo en los argumentos utilizados.

**PALABRAS CLAVE:** smartphones, argumentación, aprendizaje colaborativo, mecánica.

**OBJETIVOS:** Los objetivos de este estudio son:

1. Mostrar que el Smartphone es una útil herramienta para recoger datos, argumentos y respuestas de los estudiantes.
2. Persistencia de las concepciones alternativas en los estudiantes de 17 años.
3. La argumentación de las respuestas mejora por medio del aprendizaje colaborativo y también mejora la comprensión de los contenidos.

## ARGUMENTACIÓN EN FÍSICA

Los alumnos, al razonar sus puntos de vista, desarrollan el pensamiento crítico. Estos razonamientos o argumentos de los estudiantes deben incluir: las justificaciones de sus posturas, observación de evidencias para dar posibles argumentos, la negociación de teorías e interpretar, criticar, revisar argumentos (Sadler y Fowler, 2006).

Se puede entender que un argumento está formado por varios componentes. Es importante que los datos apoyen el argumento, la justificación es lo que une los datos con el argumento (Erduran, Simon y Osborne, 2004). A partir de los argumentos, se da el discurso, el razonamiento y el pensamiento crítico.

Según Toulmin (1958), un argumento debe incluir una afirmación que debe estar apoyada por los datos. Los elementos de los argumentos son: datos, afirmaciones, explicaciones, refutaciones y cuestiones que sirven de apoyo a las explicaciones.

Tabla 1.  
Descripción analítica de los diferentes niveles de argumentación.

NIVELES DE ARGUMENTACIÓN	COMPONENTES DE LA ARGUMENTACIÓN
1	Una afirmación contra otra.
2	Nivel 1 con alguna información de apoyo.
3	Nivel 2 con alguna refutación ambigua.
4	Nivel 3 con alguna refutación clara.

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Erduran, Simon y Osborne (2004).

Esta estrategia se ha utilizado en ocasiones recientes con el fin de medir la calidad de los argumentos en el aula (Simon, 2008). El criterio de calidad fue el número de elementos estructurales de Toulmin utilizados en el argumento dado.

## USO DE LAS SMARTPHONES EN LAS CLASES

Las nuevas tecnologías y el uso de internet facilitan la recogida de resultados, pueden tener utilidad en el desarrollo de una clase. Hay algunas páginas web de fácil acceso con dispositivos electrónicos que tenga acceso a internet que sirven para este fin.

Manuguerra y Petocz (2011) se refieren al aprendizaje por medio del móvil como el nuevo concepto que sigue el e-learning. Tiene utilidad práctica en el aula porque el profesor puede evaluar de forma instantánea (Méndez, 2012; Méndez y Slisko, 2013).

## METODOLOGÍA

La muestra está constituida por 104 estudiantes de 17 años distribuidos en tres grupos. Son alumnos de dos centros escolares diferentes que cursan la asignatura de Física.

La situación contextual en que se realizó el estudio es: Los estudiantes han recibido clase sobre las leyes de Newton de forma tradicional. El profesor las ha enunciado y se han resuelto algunos problemas numéricos para observar el aprendizaje. Después de una semana de clase, el docente consideró que estaban preparados. Posteriormente, se ha realizado la experiencia de responder por medio de los Smartphones utilizando la web [www.socrative.com](http://www.socrative.com), el aprendizaje colaborativo y las preguntas del test Force Concept Inventory (FCI a partir de ahora) (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992). Las preguntas del FCI que se han escogido son las cuestiones 13 y 25 porque cada una de ellas se refieren a una de las leyes de Newton. Estas preguntas conceptuales son de gran dificultad para un estudiante de bachillerato. Covián y Celemín (2008) tomaron los resultados de alumnos de ingeniería teniendo un resultado del 52% después de la instrucción. En EEUU, los alumnos de bachillerato tuvieron antes de la instrucción un resultado de 32% de aciertos (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992).

La dinámica de la clase ha sido la siguiente: El profesor ha elegido dos preguntas del FCI (cada pregunta tiene cinco opciones), las ha puesto en Socrative de tal forma que, ante cada opción, el alumno tiene que responder “verdadero” o “falso”. Después de cada respuesta, al estudiante se le pregunta:

¿por qué ha contestado eso? El alumno debe formular las razones que le han llevado a decidirse por esa respuesta. En consecuencia, cada pregunta del FCI se divide en cinco preguntas de verdadero o falso y cinco de argumentar por qué han escogido una de las dos opciones. Al ser dos cuestiones, se tienen en total por cada alumno 20 respuestas: 10 de verdadero o falso y 10 de razonamiento.

Al inicio de la clase, el alumno se conecta a internet y responde las cuestiones propuestas que se refieren a una pregunta del test FCI. Esta fase se va a llamar “fase individual” y puede durar 10 minutos aproximadamente. Posteriormente, se realizan grupos según las respuestas de verdadero y falso, de tal forma que siempre haya en el grupo personas que tienen diferentes respuestas. Esta segunda fase de discusión y argumentación puede durar 25 minutos. Después de esta fase, vuelven a conectarse y contestan individualmente. No tienen por qué responder lo que se ha visto en el grupo; cada uno responde lo que decida individualmente. Estas respuestas van a ser recogidas en la llamada “fase grupal” y puede ser de 15 minutos. Al final, el profesor explica la cuestión.

## RESULTADOS

La primera pregunta es: Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que ésta deja de estar en contacto con la mano del chico hasta un instante anterior al impacto con el suelo. Suponga que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. En estas condiciones, la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la bola es (son):

1. una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
2. una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente desde el momento en que la bola abandona la mano del chico hasta que alcanza su punto más alto; en el camino de descenso hay una fuerza hacia abajo debida a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la tierra.
3. una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el camino de descenso sólo hay una fuerza constante hacia abajo, la gravedad.
4. sólo una fuerza hacia abajo, prácticamente constante, debida a la gravedad.
5. ninguna de las anteriores. La bola cae al suelo por su tendencia natural a descansar sobre la superficie de la tierra.

Ante la primera pregunta, la opción correcta es que todas las respuestas debían ser falsas salvo la cuarta que es verdadera. Los resultados son los siguientes:

Tabla 2.  
Respuestas a las primeras cinco preguntas de verdadero o falso referidas a la pregunta 13 del FCI en la fase individual y después del aprendizaje colaborativo (%).

Fase		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
Individual	Verdadero	78	45	67	25	14
	Falso	22	55	31	75	81
Grupal	Verdadero	73	49	75	18	13
	Falso	27	51	25	82	87

Después de la discusión los alumnos mantienen prácticamente las mismas respuestas, no hay grandes diferencias. En el cuarto caso deberían contestar “verdadero” y aumenta el número de alumnos

equivocados. En otras opciones hay un aumento del porcentaje de alumnos que responden “falso”. En resumen, al principio el 56% de las respuestas son erróneas, al final el 58%.

Las razones que eximen en sus argumentaciones ante los cinco apartados son:

Tabla 3.  
Razones de los estudiantes en la fase individual y grupal a la pregunta 13 del FCI.

Respuestas	Fase individual	Fase grupal
La fuerza hacia arriba va disminuyendo	42%	27%
La fuerza de la gravedad varía mucho con la altura	14%	7%
Si no hubiese fuerza hacia arriba no sube la bola	12%	5%
No hay fuerza hacia arriba, es la inercia	11%	21%
La gravedad es superior a la fuerza del niño	10%	7%
La gravedad hace que disminuya la fuerza del niño	7%	18%
La bola cae por la gravedad	1%	8%
Otras	4%	7%

Las respuestas muestran la creencia de los alumnos de que cuando se mueve un objeto en una dirección significa que existe una fuerza en esa dirección.

La segunda pregunta es la siguiente: Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante “ $v_0$ ”. La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

1. tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
2. es mayor que el peso de la caja.
3. tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
4. es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
5. es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

La 3ª sería verdadera y las demás falsas. Las respuestas de los estudiantes fueron:

Tabla 4.  
Respuestas a las primeras cinco preguntas de verdadero o falso referidas a la pregunta 25 del FCI en la fase individual y después del aprendizaje colaborativo (%).

Fase		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Individual	Verdadero	16	77	18	79	75
	Falso	84	23	82	21	25
Grupal	Verdadero	13	63	33	70	63
	Falso	87	37	67	30	37

En este caso, es la pregunta cuyo acierto mejora más con el trabajo colaborativo, el porcentaje que responden “verdadero” a la tercera opción crece y el número de alumnos que responden “falso” al resto de opciones también aumenta. En resumen, al principio el 66% eran erróneas y al final 55%.

Las razones que dan para responder son las referidas en la tabla:

Tabla 5.  
Razones de los estudiantes en la fase individual y grupal a la pregunta 25 del FCI (%).

Respuestas	Fase individual	Fase grupal
Si las fuerzas son iguales se compensan y no se mueven	38	38
La fuerza debe ser mayor que el peso	27	20
La fuerza no tiene que ser superior al peso y fricción	14	17
La fuerza debe ser superior a la fricción y al peso	6	9
La fuerza debe ser superior a la fricción	4	5
La fuerza es igual al rozamiento de la caja	4	8
Otras	7	3

Vuelven a afirmar algunos estudiantes en que la fuerza y el movimiento es en el mismo sentido, sin embargo si no hay fuerzas el objeto tiene que estar parado.

### Clasificación de los argumentos

Los argumentos pueden clasificarse según los elementos que tengan; la argumentación debe tener cinco elementos: datos, afirmaciones, explicaciones, refutaciones y cuestiones que apoyen lo anterior. Los resultados a la primera cuestión:

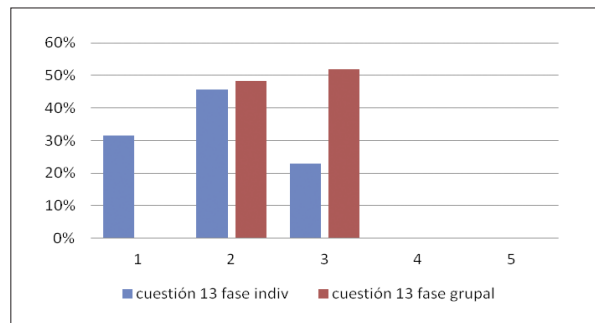


Fig. 1. Clasificación de los argumentos de la fase individual y grupal ante la cuestión 13.

Los argumentos han sido más completos en la fase grupal que en la fase individual. La discusión entre los alumnos ha generado unos argumentos más complejos y con más elementos.

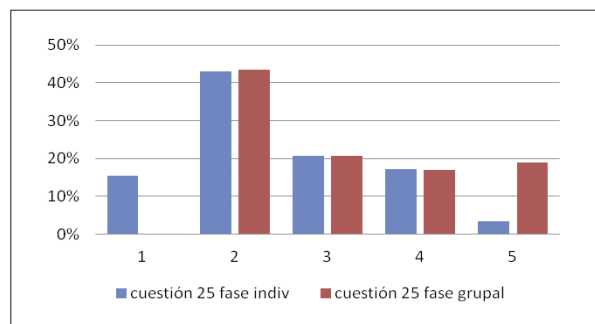


Fig. 2. Clasificación de los argumentos de la fase individual y grupal de la cuestión 25.

En esta última cuestión, los argumentos ya en la fase individual son más completos que en casos anteriores, más del 40% son de nivel 2, existen más del 15% de nivel 4. En la fase grupal, los argumentos mejoran llegando a casi el 20% de argumentos de nivel 5. Se pueden referir los siguientes ejemplos de nivel 4 cuando se les pregunta si la fuerza que realiza la mujer es superior al peso de la caja: “Si la caja se mueve es porque la fuerza es mayor que la fuerza total opuesta al movimiento. El peso de la caja sería relevante si la fuerza ejercida por la mujer fuese vertical a causa de la fuerza de la gravedad pero la fuerza es horizontal”. O de nivel 5 como “La fuerza ejercida por la mujer puede ser inferior, igual o superior al peso de la caja, eso da igual, la fuerza de la mujer es igual a las fuerzas que se oponen al movimiento de la caja, mientras que el peso es igual a la normal: todas estas fuerzas se anulan porque el movimiento es constante”.

## CONCLUSIONES

En este caso, el trabajo colaborativo no ha producido un gran cambio en las respuestas de los alumnos, tal vez porque el número de sesiones ha sido insuficiente (Méndez, 2013). La creencia de los alumnos acerca de la vinculación entre fuerza y movimiento es mayoritaria. También piensan que, al haber una aceleración, las demás leyes de Newton se supeditan a la segunda, por tanto si existe un objeto que acelera, consideran que existe una fuerza que ocasiona el movimiento, parece que no contemplan que haya involucradas dos o tres leyes de Newton. Los estudiantes conciben que el peso se opone al movimiento pero no consiguen explicar bien esta relación. Cuando se les habla de la fricción, contestan que son ambas las que se oponen al movimiento del objeto, el peso y la fricción o rozamiento. Todas estas ideas alternativas son conceptualizaciones espontáneas hechas por los mismos estudiantes a partir de sus experiencias cotidianas. Su cambio requiere un tiempo de aprendizaje más largo en que los estudiantes deben tener un número suficiente de nuevas experiencias que desafían sus experiencias anteriores.

En cuanto al nivel de los argumentos, éstos se hacen más completos después de la discusión entre ellos aunque es necesario más tiempo para que desarrollen más su capacidad de argumentar. En este caso, los argumentos mejoran en el nivel de complejidad. Las respuestas, de no haber ninguno de nivel 4 ó 5 en la primera pregunta, en la segunda cuestión existen más de un 30% de nivel 4 y 5 después de la fase grupal.

En cuanto a la metodología, se puede ver por las respuestas que la utilización de medios como el teléfono móvil ha hecho que los estudiantes no disminuyan su motivación y sigan argumentando con claridad y extensión todos sus pensamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- COVIÁN, E. y CELEMÍN, M. (2008). Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas: rendimiento académico y presencia de preconceptos. *Enseñanza de las ciencias*, 26 (1), 23-42.
- ERDURAN, S., SIMON, S. y OSBORNE, J. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915-933.
- HESTENES, D., WELLS, M. y SWACKHAMER, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- MANUGUERRA, M. y PETOCZ, P. (2011). Promoting student engagement by integrating new technology into tertiary education: The role of the iPad. *Asian Social Science*, 7 (11) 61-65.

- MÉNDEZ, D. (2012). The experience of learning physics through the application of ICT. *Energy Education Science and Technology Part B. Social and Educational Studies*, 4(1), 674-679.
- (2013). El aprendizaje cooperativo y la enseñanza tradicional en electricidad y magnetismo en secundaria. *Enseñanza de las ciencias, extra*, 2297-2302.
- MÉNDEZ, D. y SLISKO, J. (2013). Software Socrative and smartphones as tools for implementation of basic processes of active physics learning in classroom: An initial feasibility study with prospective teachers. *European Journal of Physics Education*, 4 (2), 17-24.
- SADLER, T. D. y FOWLER, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90, 986–1004.
- SIMON, S. (2008). Using Toulmin's Argument Pattern in the evaluation of argumentation in school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 31, 3, 277-289.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press, Cambridge.

