

Acerca de los conocimientos iniciales de los escolares de primaria sobre las máquinas y artefactos.

Criado, A.M., García Carmona, A., Cañal, P., Illescas, M.

Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

acriado@us.es

RESUMEN

En el trabajo se aporta una síntesis del conocimiento actual sobre las concepciones de los escolares de Educación Primaria acerca de las máquinas y se extraen implicaciones didácticas. Partiendo de una concepción muy superficial y ligada al contexto (*“máquina de coser”*) y que descarta a las máquinas simples (*“no tienen botones”*); a finales de la etapa la mayor abstracción lograda en el concepto de máquina se concreta en la intuición de algún tipo de precursor de *“alimentación energética”* y en la atribución genérica a éstas de *“ahorro de tiempo y esfuerzo”*. Sólo en casos como la palanca parece comprenderse el concepto de *“ventaja mecánica”*. La enseñanza debería propiciar la identificación de operadores en máquinas cotidianas, el análisis de su función y las consideraciones energéticas, aspectos necesarios en la construcción del conocimiento escolar deseable en este campo.

Palabras clave

Ideas previas, máquinas, Educación Primaria.

INTRODUCCIÓN

El Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12) (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005), proporciona apoyo al profesorado interesado en la introducción de estrategias de enseñanza por investigación para el desarrollo de una parte importante del currículo de Educación Primaria. El proyecto se organiza en torno a ocho ámbitos de investigación y en cada uno de éstos se incluye una síntesis de los principales resultados de investigación sobre las concepciones y obstáculos del alumnado. Como elemento organizador del conocimiento escolar, cada ámbito utiliza un patrón de interrogantes generales que permitirán la estructuración progresiva de los conocimientos que vayan construyendo los escolares en el transcurso de sus exploraciones y reflexiones.

En este trabajo se exponen los conocimientos iniciales que pueden ser característicos de los escolares de Primaria respecto a dos de los problemas generales que se incluyen en el ámbito de investigación de las “Máquinas y artefactos” (Criado y García-Carmona, en prensa): *¿Qué es una máquina y para qué sirve?* y *¿Cómo funciona una máquina y qué necesita para hacerlo?*

LA CARACTERIZACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS INICIALES SOBRE LAS MÁQUINAS

Al proyectar una propuesta de enseñanza coherente con el modelo de aprendizaje por investigación (Gaia, 2010) nos planteamos el problema de qué conocimientos de partida tienen los escolares de Primaria. Ante la escasa literatura publicada al respecto¹, (apenas un caso dentro de nuestro país), complementamos la información encontrada con indagaciones propias, realizadas con niños españoles. El guión de base empleado en las mismas fue el siguiente:

1. ¿Qué es una máquina? ¿Para qué sirven las máquinas? 2. Cita ejemplos de máquinas. ¿Qué diferencia hay entre hacer una cosa con máquina y hacerla sin ella? Indica ejemplos de máquinas. 3. ¿Cómo funcionan las máquinas? ¿Qué necesita una máquina para funcionar? 4. Dibuja una máquina con sus partes más importantes y di la función de cada una. 5. ¿Qué es una máquina simple?, y ¿qué es una máquina compleja? Ejemplos. 6. Mostrando ejemplos como una radio, un destornillador o un plano inclinado, se solicitó en algunos casos que dijeran si eran máquinas, justificando la elección.

Este protocolo se adaptó, en las formas, a cada ciclo de Primaria. Las entrevistas se realizaron, además, siguiendo las recomendaciones de la literatura sobre el uso de este instrumento de investigación con niños.

Con objeto de saber a qué nivel se sitúan las explicaciones de los escolares, se supuso, como hipótesis de partida, que las respuestas podrían categorizarse según tres niveles de complejidad creciente:

Nivel I. Explicaciones meramente descriptivas y superficiales, focalizando la atención en aspectos aislados y muy evidentes. Ejemplo: “Se mueve porque lo enchufó”.

Nivel II. Explicaciones que no se limitan a describir, sino que muestran un intento de interpretar lo que ocurre. Establecen conexiones entre elementos, aunque relacionando pocos elementos. Ejemplo: “Cada engranaje mueve al siguiente porque están conectados”.

Nivel III. Explicaciones que interpretan lo que ocurre utilizando muchos elementos que se relacionan mutuamente. Se da una visión global del sistema, se intenta pensar en el mecanismo. Ejemplo: “La batidora tiene dentro un motor que gira y mueve un eje. Al final del eje, hay dos cuchillas, (aspas), que cortan los alimentos. El motor tiene un cable bobinado, que se orienta (con respecto a un campo magnético) cuando le pasa la corriente; por eso gira...”.

Además, se prestó atención a si, en las respuestas, se hacía referencia a que a toda máquina hay que aportarle energía para que funcione y a que las máquinas transforman la energía. Asimismo, se realizaron las indagaciones teniendo en mente si los escolares se planteaban algún tipo de balance energético. O bien, si estos escolares no llegan a tener en cuenta estas consideraciones energéticas, tal y como ocurre en algunos libros de texto de Educación Primaria.

En lo que sigue, se muestran las ideas de los escolares agrupadas según las preguntas generales básicas antes expuestas. Esta información debe entenderse con la reserva de la limitada cantidad de resultados de investigación educativa de que se dispone en el momento de redactar este texto.

¿Qué es una máquina y para qué sirve?

Primer ciclo de Primaria

Al contrario de lo que podrían pensar en Educación Infantil (3-5 años), las niñas y niños del primer ciclo de Primaria parecen tener claro que las máquinas no son seres vivos, “pues no hablan ni se mueven”. No obstante, de sus dibujos y de lo que expresan, se deduce que, para ellos, las máquinas están circunscritas al ámbito de lo doméstico (“ordenador, cafetera, plancha, hornos microondas”,...), y demás ámbitos de su experiencia (“máquina de escribir”, “máquinas para hacer casas”,...). Es decir, pueden identificar ejemplos, pero carecen de un concepto abstracto de máquina, como la idea de que una máquina facilita la tarea. Suelen responder indicando el uso específico de algunas máquinas concretas. Por ejemplo: “la máquina de coser sirve para coser”. Asimismo, ofrecen una visión cercana de las máquinas: las máquinas sirven para: “sacar dinero del banco”, “escuchar los partidos de fútbol”, “lavar y planchar la ropa”,...

Segundo ciclo de Primaria

En segundo ciclo ya se aprecia cierto nivel de abstracción; las explicaciones no están tan vinculadas a máquinas específicas ni a actividades en particular (*“las máquinas sirven para hacer las cosas, para trabajar”*).

Es frecuente escucharlos reconocer que *“con la máquina, se hace el trabajo más fácil, con menos esfuerzo”*. Incluso, hay muchos que tienen en cuenta la variable tiempo, indicando que *“(con la máquina) se hace más rápido”*. Son ideas que se ratifican al preguntar la diferencia entre hacer las cosas *con* y *sin* máquina. Por tanto, ya se aprecia cierto avance hacia un concepto general, si bien, es frecuente que los escolares se centren en casos, como *máquina de coser, máquina de hacer gimnasia*, etc., que en el lenguaje cotidiano van acompañados del apelativo de *“máquina”*.

Muchos definen *máquina* como aquello que *“sirve para entretener”*, condicionados por la importante presencia de juguetes como la *Play Station*, etc., que los escolares nombran como *“la maquinita”*.

Los rasgos comunes de las máquinas dibujadas son que la mayoría tienen *“botones”* y son electrodomésticos o *“su maquinita”*. Más escasamente, aparecen otros tipos como una grúa o, *“una polea, con un cubo que usan los bañiles”*, si bien apenas hay menciones a *máquinas simples*.

Tercer ciclo de Primaria

En el tercer ciclo, una máquina ya no es sólo *“algo que sirve para hacer cosas”*, sino que comienza a emerger, de forma explícita, la idea de que ello implica una ventaja, pues: *“son unos avances tecnológicos que mejoran la vida de las personas”*, *“permite hacer algo que sería imposible a mano (grúa)”*.

Los rasgos comunes de las máquinas, dibujadas por escolares de este ciclo, son análogos a los del ciclo anterior: todas tienen algo visible que se mueve; la mayoría son electrodomésticos de uso en la cocina. No obstante, se abre el abanico de ejemplos a calculadoras, móviles, grabadoras, máquinas de juegos recreativos, antenas, aparatos de aire acondicionado, reproductores de DVD, secadores de pelo y maquinaria agrícola o de oficina.

¿Cómo funciona una máquina y qué necesita para hacerlo?

Primer ciclo de Primaria

En este nivel, las máquinas *“funcionan dándole a un botón”* ó *“enchufándolas con un cable, y ya andan solas”*. Y es de esperar que hayan superado la etapa infantil en la que, cuando ya saben para qué sirven determinadas máquinas cotidianas, (como un *“bate huevos”*), no ven necesario preguntarse *cómo funcionan*, (Lherer y Shauble, 1998).

Ante la pregunta *¿qué necesitan las máquinas para funcionar?*, hacen referencia a los *“botones”* o palancas que se accionan para iniciar su funcionamiento (*“¡pues se le da al botón!”*). También, al hecho de que hay que añadir *“productos”* con los que trabaja la máquina (*“café, detergente, hilo, gasolina, ...”*). Estas respuestas revelan una idea superficial sobre las máquinas complejas, al no considerar el mecanismo interior de los dispositivos; sólo algún niño explica que una máquina se caracteriza por *“poseer motor”*.

En ninguno de los casos de la muestra analizada se piensa espontáneamente en términos abstractos, del estilo de: *la máquina necesita energía para funcionar*. Lo más próximo a dicha idea es el caso en el que se menciona que la máquina (un vehículo) *“necesita gasolina”*.

No se distingue entre máquinas *simples* y *complejas*, en el sentido científico. No reconocen como máquinas a las *máquinas simples*, a otros *operadores tecnológicos mecánicos*, ni a las *herramientas* (“*no son máquinas, pues no tienen botones*”). Y cuando se les muestra y describe un plano inclinado (una rampa), en una entrevista, no llegan a ver que aporte ninguna ventaja.

En el caso de engranajes, aspectos como la mayor o menor velocidad de rotación y el sentido de giro de un operador concreto, pueden ser muy evidentes para ellos, pero otros aspectos, como la *ventaja mecánica*, no lo son tanto. Bullock, Gelman & Baillargeon, (1982, cit. en Lherer y Shauble, 1998), han encontrado que niños de Educación Infantil, manipulando engranajes visibles, llegan a entender la simple transmisión de movimientos. Otros estudios (Marín, 1999; Rivet & Krajcit, 2004; Tucknott & Yore, 1999), sin embargo, no corroboran esa capacidad en esta etapa educativa. Indican que, aunque los engranajes estén a la vista de los niños, pueden tener dificultades en su comprensión e interpretación. Por ejemplo, a la hora de entender la restricción de que dos engranajes contiguos no pueden girar en el mismo sentido.

Segundo ciclo de Primaria

Lo que necesita una máquina para funcionar son “*botones, palancas,*” y/o “*productos*”. Algunos hacen referencia a la alimentación eléctrica, expresando que “*hay que enchufarla*”, que “*necesita electricidad*”, etc. En este nivel parece emerger la idea de que la máquina necesita algún tipo de aportación (intuyendo la *energética*), de acuerdo con lo que ya van percibiendo en su experiencia.

Al preguntarles por las *máquinas simples*, pocos se aventuran a dar definiciones y las caracterizan como “*aquellas que se usan sin electricidad*”; o se aproximan al concepto, describiéndolas como “*aquellas en las que hay que usar la mano y la máquina*”. Un niño al que se presentó una radio, un destornillador y una rampa, respondió: “*la única máquina que hay es la radio, por que el destornillador ni tiene alambres por dentro ni se le pueden poner pilas. Ya aquello [refiriéndose a la rampa] le pasa lo mismo*”.

En este nivel, la categorización de *máquina* todavía no es de tipo estructural, sino que atiende a características perceptivas. Tucknott & Yore (1999) ratifican que, incluso después de la enseñanza, los escolares tienen dificultad para expresar sus conocimientos sobre cómo funciona una máquina simple, salvo en el caso del funcionamiento de una rueda – eje. Varios estudios (Marín, 1999; Rivet & Krajcit, 2004; Tucknott & Yore, 1999) muestran que los niños entienden las situaciones en las que el uso de una palanca es útil, aprendiendo, incluso, el concepto de “*ventaja mecánica*” en estas máquinas simples.

En el caso de los engranajes, se pueden encontrar explicaciones que hacen referencia a su configuración o colocación. Es más, algunos niños reconocen una causalidad mecánica y la transmisión del movimiento.

No obstante, la literatura sobre el aprendizaje de la mecánica, (por ejemplo Metz, 1991), indica que una comprensión adecuada de cómo se transmite el movimiento suele requerir un ejercicio importante de inferencia por parte del alumno y dicho proceso puede verse distorsionado por muchas concepciones alternativas (DiSessa 1993). Lehrer y Shauble (1998), exponen que algunos niños llegan a creer que la fuerza que hace girar los engranajes, en un tren de engranajes, tiende a debilitarse conforme aumenta el número de éstos; de manera que los más alejados del conductor girarán más lentamente, utilizando también explicaciones antropomórficas como: “*los engranajes chicos irán más despacio*”.

Si algunos escolares pueden vislumbrar, la “*ventaja mecánica*” en la palanca, cabe preguntarse si pueden hacerlo en un sistema más complejo, como son los cambios de piñón y/o plato de una bicicleta. Pues bien, según Lherer y Shauble (1998), los escolares sólo hacen una mera asociación

del cambio de marchas con un cambio en la velocidad; y llegan a ser conscientes de que el cambio de piñón afecta a las relaciones entre dos o más de las siguientes magnitudes: velocidad, esfuerzo y distancia recorrida por la bicicleta. De ahí a que llegue a estructurarse el concepto de *ventaja mecánica* en la bicicleta, falta mucho.

Tercer ciclo de Primaria

Las partes de la máquina que dibujan o mencionan en tercer ciclo sólo son exteriores (puerta, carcasa, ruedas, botones, cable,...). Con 11-12 años creen que lo que necesita una máquina para funcionar es “*darle a los botones o palancas*”, (con referencias claras a la alimentación eléctrica) y/o “*añadirle productos*”. Ello se ratifica en los dibujos, donde reflejan tanto cables como enchufes de la pared. Por tanto, parece una idea algo más afianzada, en el último ciclo de Primaria, que a la “*entrada*” de una máquina se necesita algún tipo de alimentación (energética).

En lo relativo a la identificación de *máquinas simples*, pocos de los niños encuestados identifican, espontáneamente, la polea, el abrelatas y el sacacorchos como tales. A la hora de diferenciar máquinas *simples* y *complejas*, suelen improvisar argumentos simplistas: “*la máquina sencilla es fácil de utilizar, la compleja es difícil*”, “*la máquina simple es sencilla, sin motor; la compleja es con motor*”. Al solicitar que pongan ejemplos, suelen considerar un diferente grado de complejidad; pero también priman otros criterios de distinción *sui generis*, (*pequeña / grande; hace menos/ más fuerza; fácil de manejar / difícil de manejar*).

El concepto de “*ventaja mecánica*” tampoco termina de quedar claro en este ciclo. Hay estudios que muestran que, en este nivel, los niños entienden situaciones en las que el uso de una palanca es provechoso, percibiendo así una “*ventaja mecánica*”. Sin embargo, se ha encontrado (Marín, 1999; Rivet & Krajcít, 2004) que los escolares no ven tan claro el provecho obtenido en otros contextos como en el uso engranajes, poleas y destornilladores. Según un extenso estudio, (Rivet & Krajcít 2004), son pocos los niños de 11-12 años capaces de relacionar la fuerza aplicada a los pedales de una bicicleta con la distancia que ésta avanza por cada pedalada.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Si recordamos las preguntas e hipótesis de trabajo que nos hicimos al principio, concluimos que, al avanzar en los niveles educativos, se confirma una progresión: se prospera desde las explicaciones más descriptivas a las que profundizan en una interpretación y se enriquecen en el número de componentes de la máquina evocados. No obstante, prevalece la fijación en torno a que “*las máquinas deben poseer botones*”, lo cual hace comprensible la reticencia de los escolares a asignar la etiqueta de *máquina* a herramientas como un destornillador y, en general, a las *máquinas simples*. La enseñanza debería compensar esta exclusión poniendo el acento en los aspectos funcionales frente a los descriptivos en los que se fijan los escolares.

Los resultados sugieren, además, que si bien los escolares consideran que los electrodomésticos son máquinas, es necesario que aprendan a distinguir las máquinas simples, u operadores tecnológicos, de las máquinas complejas. Esta interiorización permitiría, posiblemente, que vieran estos operadores como partes internas de una máquina y, quizás luego, partiendo de ahí, intentaran comprender el mecanismo de funcionamiento.

En el caso concreto de los engranajes, los escolares deberían tener ocasión de familiarizarse con dicho operador desde los niveles iniciales. Deberían poder verificar, en concreto, que el sentido de giro de un engranaje depende del sentido de giro de los engranajes conectados a él; y, en el caso de los escolares mayores, que en dos engranajes conectados, la velocidad de giro depende del tamaño del radio (los más pequeños giran más rápido). El paso siguiente sería comprender que, a pesar de

esas diferencias entre las velocidades de giro (velocidad angular), la velocidad lineal de dos dientes engrazados es la misma.

Las relaciones entre la velocidad angular, la velocidad lineal de los puntos de la periferia y el radio de estos operadores circulares, es un prerrequisito para entender las relaciones entre *los cambios* de una bicicleta y la distancia que avanza ésta en cada pedalada, pero ésta es una cuestión compleja, a abordar en etapas educativas superiores. Pues la familiaridad y experiencia del alumnado con la bicicleta no salva la necesidad de abordar el concepto de *ventaja mecánica* y considerar las relaciones entre los engranajes, pedales y ruedas de esta máquina, lo que implica recurrir a nociones físicas de cierto nivel.

En lo relativo al último interrogante que nos planteábamos, encontramos que ni la energía, ni sus transformaciones, ni los balances energéticos surgen espontáneamente en las explicaciones sobre el funcionamiento de las máquinas. Dada esta situación, se debería aprovechar la intuición de los escolares mayores de Primaria, (al considerar que “*las máquinas necesitan enchufarse*” o que “*necesitan gasolina para funcionar*”), para comenzar a relacionar explícitamente las máquinas con la energía y sus transformaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Bullock, G., Baillargeon, (1982). The development of causal reasoning. In W.J.Friedman *The development of psychology of time* (pp 209-254) New York academy Press.
- Cañal, P., Pozuelos, F.J., Travé, G. (2005) *Descripción general y fundamentos. Proyecto Curricular INM (6-12)*. Sevilla, Díada.
- Criado A.M. y García-Carmona, A. (en prensa). *Investigando las máquinas y artefactos . Proyecto curricular INM (6-12)*. Sevilla, Díada.
- DiSessa, (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition & Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- Gaia (2010). Páginas web del Grupo de Investigación Gaia (HUM-133) Último acceso 19-febrero-2010 <http://www.gaiainm.es/> ; <http://www.investigacionescolar.es/> .
- Lherer, R., Shaule, L., (1998), Reasoning about Structure and Function: Children’s Conceptions of Gears. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 3–25.
- Marín, N., Segura L.M. (1999) Construcción de un cuestionario sobre operadores mecánicos. *La Didáctica de las Ciencias Tendencias actuales*. A Coruña: Universidade da Coruña, Servicio de Publicaciones.
- Metz, K. E. (1991). Development of Explanation: Incremental and Fundamental Change in Children’s Physics Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 785-797.
- Rivet, A.E., Krajcik, J.S. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: an example of a six grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 669-692.
- Tucknott, J.M., Yore, L.D. (1999). The Effects of Writing Activities on Grade 4 Children’s Understanding of Simple Machines, Inventions, and Inventors. *Actas del Annual Meeting of the National association for Research in Science Teaching* (Boston, MA, March 28-31, 35p.).

¹ En el momento de abordar este problema didáctico, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre las concepciones en torno a las máquinas. Ello mostró pocas aportaciones de la investigación didáctica en este campo. Por este motivo, realizamos nuestros propios sondeos, contando con la colaboración de estudiantes de Magisterio. Éstos, bajo nuestra dirección, hicieron entrevistas y aplicaron un cuestionario. En las entrevistas participaron 5 niños del primer ciclo (6-8 años), 7 del segundo (8-10 años), y 27 del tercero (10-12 años). El cuestionario se aplicó a 25 niños de 4º curso (9-10 años).