

**Monografía**Darwin y la evolución  
de los sistemas**¿Por qué los automóviles son como son?  
La evolución de un sistema tecnológico****Antonio García-  
Carmona****Ana María Criado**  
Universidad de Sevilla.  
Grupo de investigación  
GAIA (HUM-133)

*En este artículo se propone abordar el estudio de objetos tecnológicos como sistemas evolutivos. El enfoque sistémico que adoptamos favorece el planteamiento global e integrado de la educación tecnológica básica y enfatiza la consideración escolar de los cambios que experimentan los sistemas en el tiempo. Desde este punto de vista, la teoría de la evolución de las especies puede proporcionar un excelente esquema analógico aplicable al ámbito tecnológico y presenta un gran potencial didáctico para dicho enfoque sistémico. A fin de concretar este planteamiento, se exponen las ideas básicas de una unidad didáctica investigadora centrada en el estudio del automóvil como sistema tecnológico evolutivo.*

Palabras clave: *automóvil, enfoque sistémico, evolución, investigación escolar, tecnología.*

**«Why are automobiles the way they are?» Evolution of a technological system**

*This article looks at the study of technological objects as evolutionary systems. The systemic focus followed encourages a global, integrated approach to basic technological education and stresses the school perspective to changes that systems undergo over time. From this point of view, the theory of evolution of species offers an excellent analogous scheme that can be applied to technology and which has tremendous teaching potential for this systemic focus. In order to flesh out this approach, we set out the basic ideas for a research teaching unit centred on studying the automobile as an evolutionary technological system.*

Keywords: *automobile, systemic focus, evolution, school research, technology.*

A lo largo de la historia, el desarrollo tecnológico ha sido uno de los principales motores del cambio y la configuración de la sociedad, y ésta, a su vez, ha estimulado el desarrollo tecnológico en unas direcciones u otras según los criterios, necesidades e intereses dominantes en cada época y colectivo social. De ahí que pueda decirse que la tecnología es parte integrante de la actividad humana (Van Eijck y Claxton, 2009) y que para poder comprender esta sociedad, profundamente tecnificada, como para participar en ella de forma activa y crítica, la ciudadanía necesita adquirir una educación tecnológica básica e integral (Doval y Gay, 2002).

Puesto que el conocimiento tecnológico actual es amplio y complejo, su integración en el ámbito escolar debe estar precedida por un adecuado proceso de análisis y transposición didáctica (Cajas, 2000). Tal

proceso exige, por una parte, decidir qué ideas, habilidades, actitudes, etc., derivadas de este ámbito resultan útiles para el desenvolvimiento de los escolares en su medio habitual (desarrollo de competencias básicas), y, por otra, establecer qué enfoque y adaptación de los contenidos es el más apropiado para los distintos niveles y etapas educativas, en cuanto se refiere a planteamientos didácticos e hipótesis de progresión (GIE, 1991).

Habitualmente, los objetos tecnológicos son estudiados en la educación básica desde una perspectiva analítica; es decir, mediante un desglose de éstos –a veces forzado– en diferentes partes, para luego analizar las relaciones que se establecen entre éstas (Peisajovich, 2005). En nuestra opinión, este enfoque didáctico puede propiciar una visión inconexa y/o descontextualizada de los objetos tecnológicos, siempre que no se tenga un especial cuidado en evitarlo. Por ello preferimos, en su lugar, una enseñanza global, integradora y contextualizada de los contenidos tecnológicos (Criado y García-Carmona, en prensa). Ello implica que el estudio de un objeto tecnológico no lo considere algo aislado, sino parte del medio natural y sociocultural en el que se inserta (Acevedo, 1997). En este sentido, es útil contemplar los objetos tecnológicos como *sistemas*, con una estructura y componentes determinados, que se organizan para realizar cierta función, interaccionando con el medio y experimentando cambios evolutivos a causa de tales interacciones. Este enfoque sistémico tiene, asimismo, la ventaja de facilitar la transferencia de conceptos, leyes y modelos entre diferentes campos de conocimiento. Concretamente, en nuestro caso, la evolución de un sistema tecnológico puede ser comparada, analógicamente, con la de un ser vivo y, por tanto, puede entenderse, en buena medida, desde la perspectiva de la teoría biológica de la evolución de las especies.

La finalidad de este trabajo es describir las líneas básicas de una propuesta didáctica de carácter investigador, la cual se propone estudiar un objeto tecnológico desde una visión sistémica-evolutiva. Nos centraremos, para ello, en un objeto tecnológico específico: el automóvil. La elección de esta máquina compleja se debe a su potencial didáctico, en tanto que resulta sumamente familiar para los escolares y es idónea para tratar un aspecto esencial en la alfabetización científico-tecnológica hoy demandada: el análisis de las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), que en el caso del automóvil son manifiestamente notorias. La propuesta se dirige al nivel de 1.º de ESO (12-13 años), si bien, por su carácter abierto y orientativo, puede adaptarse para niveles adyacentes, tanto de la ESO como del último ciclo de educación primaria.

## Estudio de un sistema tecnológico

### ¿Qué deben saber los escolares sobre el automóvil y su evolución?

Desde que en 1886 lo inventó el ingeniero alemán Karl Benz y hasta nuestros días, el automóvil ha evolucionado considerablemente; para ver hasta qué punto esto ha sido así, basta comparar los modelos y prestaciones de los primeros automóviles con los que hoy conocemos. Junto al teléfono o el televisor, el automóvil es uno de los objetos tecnológicos de mayor expansión, trascendencia y arraigo en la sociedad actual; pero también uno de los más controvertidos. Aparte de sus indudables prestaciones como medio de transporte y sus connotaciones socioculturales (por ejemplo, como símbolo de *estatus* social), acarrea una serie de consecuencias claramente negativas. El ingente número de automóviles que cada día circulan en las ciudades, con una tecnología basada en el consumo de combustibles fósiles:

- Tiene efectos adversos para la salud (problemas respiratorios, cardiovasculares...) y el medio ambiente (contaminación atmosférica, acústica, etc.).
- Contribuye a acrecentar el problema actual y global de demanda energética.
- Supone una de las mayores causas de muerte en el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año fallecen 1,2 millones de personas en accidentes de tráfico.

El estudio del automóvil es, por tanto, idóneo para abordar aspectos de actualidad y esenciales para una adecuada alfabetización científico-tecnológica. Pero no es necesario promover un estudio profundo y exhaustivo del automóvil, pues resultaría complejo para los escolares de 1.º de ESO<sup>1</sup> y además desvirtuaría la finalidad de una propuesta didáctica como ésta, orientada a tratar el tema de manera global, sistémica y contextualizada.

Así pues, en el primer año de secundaria, el conocimiento escolar deseable (integrado, significativo y funcional), acerca del sistema del automóvil, podría girar en torno a las siguientes ideas básicas:

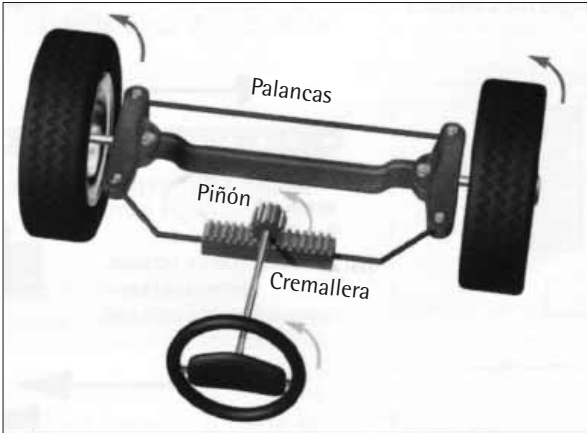
- El automóvil es un sistema tecnológico dinámico, que evoluciona en el tiempo según necesidades y criterios sociopolíticos y económicos de la sociedad y gracias a los avances científico-tecnológicos. De este modo, aquellos modelos y/o componentes que quedan obsoletos se «extinguen», y permanecen los que mejor se «adaptan» a las nuevas necesidades. En el cuadro 1 se muestran algunos datos que pueden resultar interesantes en relación con la evolución del automóvil.

**Cuadro 1.** Algunos datos para ilustrar la evolución del automóvil<sup>2</sup>

	<b>PRIMEROS AUTOMÓVILES</b>	<b>MODIFICACIONES</b>	<b>MEJORAS EN AUTOS ACTUALES Y DE UN FUTURO PRÓXIMO</b>
<b>Motor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De combustión interna.</li> <li>▪ Rendimiento bajo (<math>R &lt; 20\%</math>).</li> <li>▪ Posición: atrás.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Motor de combustión interna.</li> <li>▪ Rendimiento: 40%.</li> <li>▪ Posición habitual: delante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Motor eléctrico (alimentado por la red convencional o fotovoltaico).</li> <li>▪ Motor alimentado por pilas de hidrógeno.</li> </ul>
<b>Tracción</b>	En 2 ruedas.		En las 4 ruedas.
<b>Sistema de arranque</b>	Sin motor de arranque: sistema manual de manivela.	Motor de arranque alimentado por la batería.	Arranque directo
<b>Combustible (fuente de energía)</b>	Derivados del petróleo.	Derivados del petróleo y otros combustibles fósiles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aceites vegetales, bio-alcohol, hidrógeno.</li> <li>▪ Alimentación mixta (eléctrica / combustible fósil, biocombustible).</li> <li>▪ Alimentación solar.</li> <li>▪ Alimentación eléctrica.</li> </ul>
<b>Ruedas</b>	Rígidas.	Hinchables.	Sin cámara, con llantas de acero.
<b>Suspensión</b>	Ballestas.	Amortiguadores.	Suspensión hidroneumática.
<b>Carrocería</b>	Madera, metálica.	Metálica.	Metálica con refuerzos, nuevos materiales (poca densidad, alta absorción de golpes).
<b>Forma</b>	Similar a coches de caballos.	Aerodinámica, para evitar el rozamiento con el aire.	Aerodinámica y capó con «morro de cuchara» (para disminuir el daño en caso de atropello a peatones).
<b>Cambio de marchas</b>	Manual.	Cambio manual y cambio automático.	Cambio automático.
<b>Velocidad máxima</b>	~ 24Km/h.	100 – 180 km/h en turismo; mayor en deportivos.	Límite debido a regulación social y mecánica.
<b>Consumo</b>		Consumo combustible fósil: ~ 8 L/100 km.	Prototipos monoplasas de fibra de carbono: 1L/1000 km.
<b>Automatismo</b>		Algunos automatismos: Cierre central, antibloqueo de frenos ABS...	Pequeños ordenadores que detectan anomalías o que intervienen como el ESP (Elektronische Stabilität Programm).

	PRIMEROS AUTOMÓVILES	MODIFICACIONES	MEJORAS EN AUTOS ACTUALES Y DE UN FUTURO PRÓXIMO
Sistemas de seguridad		<ul style="list-style-type: none"> <li>Interior: apoyacabezas, cinturón, airbag.</li> <li>Exterior: parabrisas no astillable, parachoques, zona aplastable del compartimento del motor.</li> </ul>	Radar, sistemas antichoque, conducción automática, etc.
Protección ambiental		Uso de carburantes sin plomo.	Catalizadores. Eliminación de residuos perjudiciales por uso de motores eléctricos o de hidrógeno.
Medidas de ahorro de consumo		Aplicación de ciertas formas de conducir. Nuevos diseños de motor y de carrocería.	

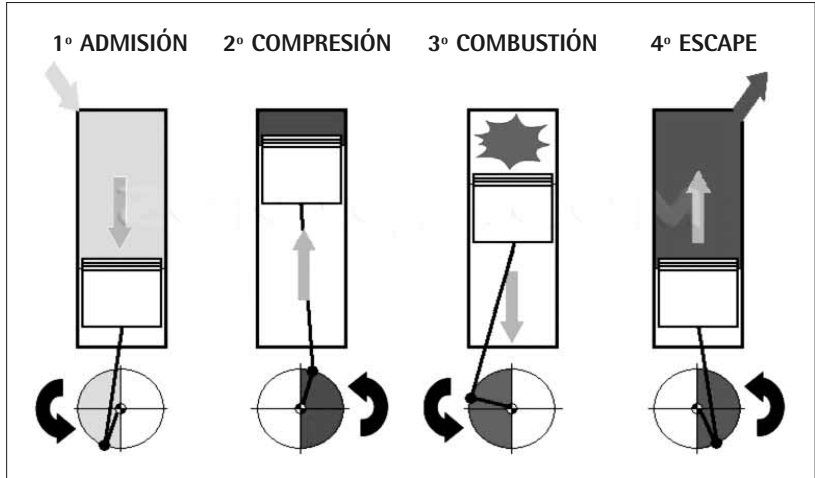
- Las necesidades y criterios para el cambio «adaptativo» pueden ser, por tanto, económicas, de seguridad, ergonómicas, medioambientales, socioculturales, estéticas... Si educativamente se considera prioritario centrar la atención en las necesidades asociadas a la seguridad, se sugiere ver en clase el «vídeo sobre la seguridad activa y pasiva del coche», disponible en: [www.areatecnologia.com/airbag.htm](http://www.areatecnologia.com/airbag.htm). Y si se desea saber sobre la inminente comercialización de automóviles ecológicos, es interesante, por ejemplo, la lectura en clase del artículo de Castro (2009).
- Como en el caso de los seres vivos, se puede hablar de *unidad y diversidad de los automóviles*. Es decir, aunque existe gran variedad de automóviles, según su marca comercial, sus características técnicas (tipo de motor, potencia...), su finalidad (turismo, familiar, deportivo, todoterreno...), etc., todos ellos tienen componentes y características comunes, que los distinguen de otros sistemas tecnológicos de transporte. Sobre este aspecto, se puede proponer a los escolares que elaboren tablas de clasificación de automóviles según los diferentes aspectos o criterios expuestos.
- Los componentes u «órganos de un automóvil», en esta analogía, se clasifican en *básicos*, como el motor, el chasis, la carrocería, los frenos, la dirección, la suspensión y la transmisión, y en *accesorios*, como la radio, los cinturones y airbags, luces, aire acondicionado, etc. Se pueden seleccionar imágenes simplificadas de estos componentes. Por ejemplo, el cuadro 2 muestra de manera sencilla cómo los giros del volante se transmiten a las ruedas en el componente «dirección».

**Cuadro 2.** La dirección en un automóvil<sup>3</sup>

El automóvil funciona con ayuda del motor, que, con cierto *rendimiento energético*, transforma en movimiento la energía que recibe de una fuente externa. En este proceso se cumple el *principio de conservación de la energía*: de la energía suministrada, parte es utilizada para generar el movimiento (*energía útil*) y el resto se disipa (*energía degradada*) emitiéndose al medio mediante en forma de calor, ruido, vibraciones... Si se cree conveniente, puede obviarse el trabajo sobre la estructura y funcionamiento del motor, tratándolo como una «caja negra» que transforma energía, sin entrar en la consideración de sus mecanismos de funcionamiento.

Pero si los escolares se interesan por conocer su funcionamiento, también cabe la posibilidad de abordar ese aspecto. En este caso, podremos ayudarles a comprender su mecánica más elemental mediante una maqueta didáctica de un solo cilindro y de tamaño real. En su defecto, se podrían usar imágenes simplificadas como la indicada en el cuadro 3 en la página siguiente, sobre un motor de combustión de cuatro tiempos. La adaptación escolar que sugerimos supone que los escolares se centren en dos aspectos, orientados a responder cómo se obtiene movimiento de traslación del automóvil a partir del combustible. Concretamente:

- Cómo la explosión de los gases produce un movimiento de vaivén, que se convierte en el movimiento rotatorio que acciona las ruedas.
  - Cómo se completa cada ciclo con entrada de combustible al cilindro y escape de gases, a través de las respectivas válvulas. Para abordar los tipos de transformaciones de energía que se producen en ellos, se puede plantear, también, la construcción de un sencillo coche eléctrico en el taller. Ello permitiría a los escolares entender mejor la transformación de energía eléctrica en mecánica que se produce en el motor.
- Actualmente, la *tendencia* en el diseño de los motores es:
- Conseguir que tengan una mayor potencia y eficiencia energética, para reducir así su consumo de energía.
  - Lograr que funcionen a partir de fuentes renovables.
  - Que, por tanto, el uso de esas fuentes no sea perjudicial para la salud ni para el medio ambiente. En este punto puede ser

**Cuadro 3.** Fases del funcionamiento de un motor de combustión de cuatro tiempos<sup>4</sup>

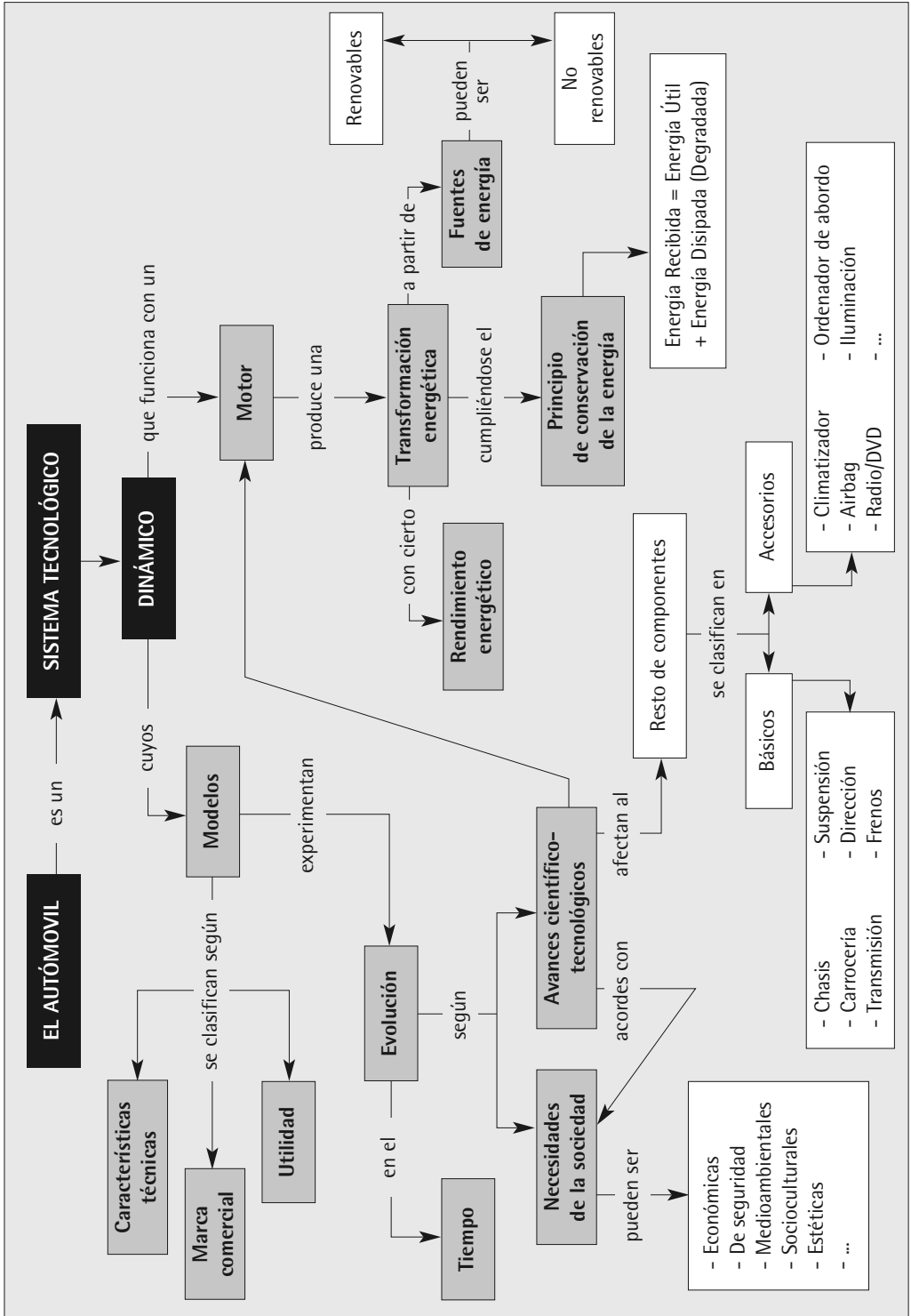
interesante trabajar con algunos datos de consumo de combustible (y su coste), de diferentes turismos, elegidos por los escolares. Puede resultar de interés explorar qué avances se están consiguiendo en cuanto a la optimización en el rendimiento de motores en fase de experimentación (hay prototipos monoplaza de fibra de carbono que pueden recorrer más de 1.000 km con un solo litro de combustible). Para conocer las últimas tendencias en el diseño de motores, cada vez más eficientes y/o respetuosos con el medio ambiente, se aconseja la consulta de Internet.<sup>5</sup>

En el cuadro 4 se presenta un mapa conceptual con las ideas básicas que acabamos de exponer.

### ¿Cómo planificar una unidad didáctica investigadora sobre el sistema automóvil?

Las ideas anteriores servirán de referente y guía para planificar una posible secuencia de enseñanza. Actualmente, el modelo de *enseñanza-aprendizaje por investigación* se perfila como el más eficaz para la educación científico-tecnológica (Cañal, 2007; García-Carmona y Criado, 2007; Rocard y otros, 2007). En líneas generales, este modelo promueve la organización de los escolares en equipos, que abordan el estudio de problemas de interés (próximos a su contexto natural y so-

Cuadro 4. Mapa conceptual sobre el automóvil como sistema tecnológico evolutivo





ciocultural) partiendo de sus propias ideas y en interacción permanente con los demás y con diferentes fuentes de información durante los procesos de construcción de sus nuevos conocimientos; todo ello, con las orientaciones oportunas y permanentes del profesor.<sup>6</sup> En suma, se trata de un modelo que sintoniza con la visión socio-constructivista del aprendizaje.

De acuerdo con este modelo de enseñanza y aprendizaje, un buen estímulo para iniciar a los escolares en el estudio del automóvil como sistema tecnológico evolutivo puede ser el planteamiento de una investigación orientada por la pregunta: *¿por qué los automóviles son como son?* La búsqueda de respuestas a dicha cuestión, delimitada con la formulación de subproblemas más concretos, posibilitará el acercamiento de los alumnos al conocimiento escolar deseable sobre el automóvil, en su sentido más amplio; a saber: el desarrollo de ideas, procedimientos, destrezas, actitudes y valores necesarios para una alfabetización científico-tecnológica básica.

### **¿Qué se debe investigar sobre el automóvil como sistema tecnológico evolutivo?**

Como hemos dicho, la concreción de la investigación escolar se haría mediante el planteamiento progresivo de subproblemas. Formulados de un modo sugerente y progresivo, éstos serán los que posibiliten a los escolares avanzar hacia unas conclusiones que darán cuenta del bagaje cognoscitivo, procedimental y axiológico adquirido acerca de este tema. El cuadro 5 recoge una colección de posibles subproblemas o cuestiones concretas que pueden plantearse en relación con el automóvil como sistema tecnológico evolutivo.

Esta propuesta de subproblemas es sólo orientativa, tanto en su formulación como en su cantidad. Lo ideal es que cada profesor los formule y seleccione en colaboración con su alumnado y conforme a las características propias de cada contexto escolar.

### **¿Cómo hay que utilizar las ideas y experiencias previas de los escolares para abordar la investigación?**

Antes de iniciar la investigación, resultará útil conocer qué ideas y experiencias tienen los escolares en relación con el objeto de estudio. En este sentido, junto a los datos que nos proporcione el propio alumnado de nuestra clase, es interesante consultar qué se dice en la bibliografía educativa respecto a las ideas y dificultades de aprendizaje sobre el automóvil como objeto tecnológico o, en su defecto, sobre otros objetos tecnológicos afines o los que hagan alusión al aprendizaje de las máquinas y artefactos, en general.

**Cuadro 5.** Posibles interrogantes de investigación sobre el automóvil como sistema tecnológico evolutivo

1. ¿Cómo eran los primeros automóviles de la historia? ¿En qué se diferencian de los actuales?
2. ¿Por qué se van quedando antiguos unos automóviles y van apareciendo otros nuevos?
3. ¿Son mejores los automóviles actuales que los antiguos? ¿Por qué?
4. ¿Qué ventajas ha tenido para la sociedad la invención del automóvil? ¿Y qué inconvenientes?
5. ¿Qué repercusiones tiene para la salud y el medio ambiente el uso del automóvil?
6. ¿Influyen esas repercusiones en la evolución tecnológica de los automóviles? ¿Cómo? ¿En qué sentido?
7. ¿Qué papel tienen en la seguridad el reposacabezas, el cinturón, el airbag...?
8. ¿Qué factores conducen al cambio en el diseño y prestaciones de los nuevos automóviles?
9. ¿En qué se diferencia el automóvil del resto de medios de transporte?
10. ¿Qué tienen en común todos los automóviles y en qué se diferencian los diferentes modelos y tipos?
11. ¿Cuáles son los componentes básicos de un automóvil y cuáles los accesorios?
12. ¿Cómo han ido evolucionando los distintos componentes del automóvil a lo largo de la historia? ¿Qué factores han motivado dicha evolución?
13. ¿Qué componentes permanecen desde la invención del automóvil y cuáles han desaparecido? ¿Por qué?
14. ¿Cómo funcionan los automóviles? ¿Y qué necesitan para funcionar?
15. ¿Qué cambios o transformaciones se van produciendo en los automóviles cuando funcionan?
16. ¿Cómo ha evolucionado el funcionamiento de los automóviles a lo largo de la historia? ¿Y qué repercusiones ha tenido en la sociedad y en el medio ambiente?
17. ¿Cómo se puede hacer un buen uso de los automóviles? ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta?
18. ¿Qué componentes de un automóvil se podrían seleccionar para incorporarlos a un «automóvil ideal»?
19. ¿Cómo serán los automóviles del futuro?

Por nuestra parte, expondremos como muestra algunas interpretaciones intuitivas de los escolares de la última etapa de primaria, relativas a las máquinas, en general. Consideran, por ejemplo, que poseer un motor es un requisito indispensable para que un artefacto sea considerado una máquina. Asimismo no consideran la alimentación energética más allá de lo directamente perceptible («llenar el depósito de gasolina»), sin tener en cuenta, por lo general, los conceptos básicos de *conservación*, *transformación* y *degradación* de la energía. Ello puede originar dificultades a la hora de entender los procesos energéticos que se producen en el automóvil.

Asimismo, los escolares de estas edades no suelen entender las relaciones compensatorias entre las magnitudes físicas que intervienen en una máquina; ni siquiera en el caso de la bicicleta (Lherer y Shauble, 1998). En cambio, suelen asimilar con relativa facilidad relaciones como «marchas cortas, mayor fuerza y menor velocidad» y «marchas largas, mayor velocidad y menor fuerza», lo que permite abordar, aunque sea de manera somera y cualitativa, el concepto de *potencia de un motor*. Desde pequeños tenemos experiencias en las que comprobamos que cuando un automóvil viaja cuesta arriba con una carga pesada, es nece-

saría una marcha más corta (su velocidad será menor) que cuando viaja en llano y/o sin mucha carga (podrá llevar una marcha más larga y, por tanto, avanzar a una mayor velocidad). Esto puede ayudar a entender que, para una determinada potencia del motor, a mayor fuerza que se le exija, menor será su velocidad máxima, y viceversa.<sup>7</sup>

Los escolares suelen tener multitud de experiencias con automóviles, y es probable que tengan ciertos conocimientos técnicos, más o menos precisos, en relación con éstos (cilindrada del motor, transmisión, suspensión, dirección...). Sin embargo, es menos habitual que conozcan –o al menos que las destaquen prioritariamente– otras cuestiones relacionadas con el automóvil, como las interacciones CTSA que lleva asociadas. Será conveniente, pues, explorar qué sabe u opina el alumnado al respecto.

### **¿Qué fases y tareas se pueden proponer para el desarrollo de la investigación escolar sobre los automóviles?**

#### *Fase inicial: planificación de la investigación*

Como ya hemos dicho, para llevar a cabo la investigación escolar se comenzaría organizando a los escolares en equipos de trabajo. Luego, se trataría de reflexionar conjuntamente sobre sus ideas y experiencias previas en relación con el objeto de estudio. Una primera actividad puede ser, por tanto, que cada grupo trate de dar una respuesta inicial al problema general planteado (*¿por qué los automóviles son como son?*). Mediante la reflexión y el intercambio de ideas y opiniones sobre el tema, los grupos elaborarían, por consenso, unas conclusiones bajo el título «¿Qué sabemos al empezar sobre el automóvil?».

Tras esas primeras conclusiones de cada equipo, se haría una puesta en común en clase, a fin de conocer las principales dudas, dificultades, discusiones e inquietudes suscitadas por el problema planteado. De ahí puede obtenerse una información muy rica sobre la demanda de aprendizaje de los escolares respecto al tema, con vistas a delimitar y contextualizar la investigación escolar. Tras una reflexión conjunta sobre qué se pretende con la siguiente actividad, cada equipo debería elaborar una ficha con el título «¿Qué es lo que queremos saber sobre el automóvil?».

Partiendo, entonces, de las necesidades e intereses de cada equipo, se puede organizar la investigación repartiendo los subproblemas o interrogantes específicos que se hayan formulado, si bien este reparto no debe eximir a cada equipo de informarse y aprender sobre lo que investiguen los demás. En este sentido, se deberá promover un intercambio permanente y constructivo de información dentro de cada equipo y

entre los diferentes grupos, dando cuenta de los avances y las conclusiones que se vayan obteniendo.

Pero antes de empezar con las tareas de búsqueda, es necesario que los equipos cuenten con un plan de trabajo que les ayude a organizar su investigación. Un posible guión para llevar a cabo ese plan puede ser el siguiente:

1. Nombre del equipo.
2. Interrogantes específicos que deberá investigar el equipo.
3. Organización de la búsqueda de información, determinando:
  - 3.1. Qué fuentes de información serán consultadas.
  - 3.2. Cómo se registrará la información obtenida.
4. Tareas de organización y discusión de la información obtenida, con vistas a elaborar unas conclusiones.
5. Organización y delimitación del tiempo previsto para cada tarea y de los materiales necesarios.
6. Elaboración de un informe con los procesos seguidos y las conclusiones obtenidas.
7. Presentación del informe al resto de equipos: exponiendo una selección de lo más relevante, incluido un resumen con las preguntas respondidas de forma concluyente y las preguntas sin respuesta concluyente.

En todo momento el profesor orientará el desarrollo y concreción de este plan por parte de cada.

#### *Fase de desarrollo: búsqueda de información y construcción del conocimiento escolar*

Con el plan de trabajo definido, los equipos indagarán sobre los diferentes subproblemas planteados. Para la búsqueda de información se deberá disponer de la biblioteca y acceso a Internet. También se recomienda que los escolares involucren a sus familiares solicitándoles ayuda en esta tarea y realicen observaciones directas sobre automóviles cuando sea necesario. Durante el proceso de búsqueda, organización y discusión de la información, el profesor estará a disposición de los equipos prestándoles toda la ayuda necesaria, ante las dudas, obstáculos y dificultades que vayan surgiendo.

Es aconsejable que se vayan determinando momentos en los que cada equipo pueda exponer sus avances al resto de la clase, a fin de conocer y debatir sobre lo que cada equipo está concluyendo. Se debe fomentar que se hagan preguntas y argumentaciones, así como potenciar la toma de notas o apuntes sobre aquello que resulte útil y más interesante. El profesor tiene un papel relevante como moderador, pero

también debe aportar valoraciones sobre los procesos y resultados de cada equipo, comentando qué aspectos han sido bien tratados y cuáles no, haciendo propuestas de mejora. Todo ello con la intención de que los equipos superen obstáculos y puedan progresar satisfactoriamente en su aprendizaje.

Atendiendo a la dimensión manipulativa que caracteriza la educación tecnológica, puede proponerse, como ya hemos dicho, que los equipos construyan un sencillo coche eléctrico en el taller. Ello puede ayudarles a asimilar o a entender mejor el automóvil como sistema tecnológico, manejando e interconectando sus componentes básicos; comprobando qué requisitos son necesarios para que funcione y qué transformación energética se produce; reflexionando sobre qué mejoras se le pueden hacer, viendo, también, que la estética tiene un papel importante en el diseño de este sistema tecnológico, al intentar que el coche quede lo más bonito posible, etc. Para su construcción, se puede utilizar como referencia un modelo sencillo y asequible para escolares de estas edades, como los que se sugieren en sitios web de Internet.<sup>8</sup>

#### *Fase final: Elaboración del informe de investigación y conclusiones globales*

Una vez que han sido abordados los subproblemas, expuestos en clase los progresos y primeras conclusiones y sometidos a la crítica constructiva del profesor, cada equipo elaborará un informe de investigación. En caso de haber construido algún artefacto, en el informe debe aparecer la evaluación y pruebas realizadas sobre su funcionamiento, así como las mejoras realizadas sobre el prototipo construido. Es importante que los escolares se acostumbren a escribir informes o memorias explicativas de sus experiencias de aprendizaje; sobre todo, cuando éstas son el resultado de una investigación escolar. Su elaboración permite, además, un acercamiento coherente a la actividad científico-tecnológica real, cuyos resultados y progresos se publican en informes de investigación. En el contexto educativo, no obstante, la importancia de elaborar un informe de investigación estriba, principalmente, en la ayuda que esta tarea proporciona a los escolares en la comprensión y estructuración de los conceptos, y también, junto a otras capacidades, en el desarrollo de la competencia lingüística.

Un esquema básico, similar al previsto para planificar la investigación, facilitará a cada equipo la descripción de las tareas realizadas y la formulación de las conclusiones de la investigación, junto con las reflexiones derivadas. Los informes de los equipos servirán para extraer conjuntamente las conclusiones globales sobre el problema general planteado (¿Por qué los automóviles son como son?). Esto puede mate-

realizarse mediante la elaboración de murales que recojan las principales ideas adquiridas acerca del automóvil como sistema tecnológico evolutivo. Asimismo se puede proponer la elaboración de un mural que indique el paralelismo que puede establecerse entre la evolución de una especie animal y la de los automóviles.

### Notas

1. En Andalucía, la Tecnología es una materia optativa para este curso y cuenta con dos horas lectivas semanales.
2. Las celdas dejadas en blanco indican que no se conocen datos contrastados sobre el aspecto en cuestión o bien que no son relevantes para el análisis comparativo que se expone.
3. Tomado de [www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_jacobo\\_orellana/images/docs/presentacion\\_ud3\\_tercero.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_jacobo_orellana/images/docs/presentacion_ud3_tercero.pdf) (consultado el 25/03/2009).
4. Tomado de [http://zonagp.com/images/ciclos\\_motor\\_expllosion.jpg](http://zonagp.com/images/ciclos_motor_expllosion.jpg) (consultado el 27/03/2009).
5. Por ejemplo, resultan interesantes las direcciones web siguientes: <http://motor.terra.es/motor/articulo/html/mot1800.htm>  
[www.ecoticias.com/motor](http://www.ecoticias.com/motor)  
[www.ecologiablog.com](http://www.ecologiablog.com) (última consulta: 27/03/2009).
6. Con objeto de agilizar la lectura, escribimos «profesor» para referirnos al profesorado de ambos géneros.
7. La fórmula que describe la relación es: Potencia = Fuerza x Velocidad, si bien creemos que en este nivel es suficiente con que sea descrita cualitativamente, sin necesidad de hacer alusión explícita a dicha fórmula.
8. Por ejemplo: [www.profes.net/rep\\_documentos/PDS\\_Tecnología/2E\\_Tec\\_Locos\\_cacharros\\_coche\\_eléctricob.PDF](http://www.profes.net/rep_documentos/PDS_Tecnología/2E_Tec_Locos_cacharros_coche_eléctricob.PDF); [www.pbs.org/saf/1403/teaching/teach2.pdf](http://www.pbs.org/saf/1403/teaching/teach2.pdf) (en inglés) (última consulta: 24/03/2009).

### Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, J.A. (1997): «¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la educación CTS?», en JIMÉNEZ, R.; WAMBA, A. (ed.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, pp. 287-292.
- CAJAS, F. (2001): «Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19(2), pp. 243-254.
- CAÑAL, P. (2007): «La investigación escolar, hoy». *Alambique*, núm. 52, pp. 9-19.
- CASTRO, C. (2009): «Llega el coche eléctrico. ¿Dónde lo enchufamos?». *El País* (edición digital, 04/03/2009). Disponible en: <[www.elpais.com/sociedad](http://www.elpais.com/sociedad)> [Consultado el 18/03/09].
- CRIADO, A.M.; GARCÍA-CARMONA, A. (en prensa): *Investigando las máquinas y artefactos. Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12)*. Sevilla. Diada.

- DOVAL, L.; GAY, A. (2002): *Educación tecnológica. Finalidad educativa y acercamiento didáctico*. Buenos Aires. Centro Nacional de Educación Tecnológica.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A. (2007): «Investigar para aprender, aprender para enseñar. Un proyecto orientado a la difusión del conocimiento escolar sobre Ciencia». *Alambique*, núm. 52, pp. 73-83.
- GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA (GIE) (1991): *Proyecto curricular I.R.E.S.* (Doc.III y IV). Sevilla. Diada.
- LHERER, R.; SCHAULE, L. (1998): «Reasoning about Structure and Function: Children's Conceptions of Gears». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 35(1), pp. 3-25.
- PEISAJOVICH, B. (2005): *El enfoque sistémico. Una propuesta de trabajo para la enseñanza primaria*. *Correo del Maestro*, núm. 113. Disponible en línea en: <[www.correodelmaestro.com](http://www.correodelmaestro.com)> [Consultado el 12/03/09].
- ROCARD, M. y otros (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas. Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- VAN EIJCK, M.; CLAXTON, N.X. (2009): «Rethinking the notion of technology in education: Techno-epistemology as a feature inherent to human praxis». *Science Education*, vol. 93(2), pp. 218-232.

Direcciones  
de contacto

Antonio García-Carmona  
Ana María Criado  
Universidad de Sevilla  
Grupo de investigación GAIA (HUM-133)  
[agarciaa@cofis.es](mailto:agarciaa@cofis.es)  
[acriado@us.es](mailto:acriado@us.es)

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en marzo de 2009 y aceptado en junio de 2009 para su publicación.