

Construcción de explicaciones científicas escolares

Alma Adrianna Gómez Galindo



Alexander Calder, *Ocho polígonos*, fragmento, móvil colgante, metal pintado, 1973.

Resumen

Construcción de explicaciones científicas escolares

El objetivo de esta comunicación es presentar a la explicación científica escolar como una actividad situada que se desarrolla en un contexto dinámico con la finalidad de permitir la organización y unificación del conocimiento, la comprensión de diversos fenómenos y la actuación.

Résumé

Construction d'explications scientifiques à l'école

Le but de cette communication est de présenter l'explication scientifique à l'école comme une activité définie qui est développée dans un contexte dynamique à fin de permettre l'organisation et l'unification de la connaissance, la compréhension de phénomènes divers et l'activité.

Abstract

Building of schools scientific explanations

The objective of this communication is to present school scientific explanations as an activity developed in a dynamic context with the finality of allowing the organization and unification of knowledge, the understanding of diverse phenomenon and acting.

Palabras clave

Enseñanza de las ciencias, explicaciones científicas escolares, investigación.

Science teaching, school scientific explanations, research

Construcción de explicaciones científicas escolares*

Alma Adrianna Gómez Galindo**



Introducción

Previo a hablar específicamente sobre la construcción de explicaciones científicas escolares o realizadas en el contexto escolar, me interesa precisar desde qué marcos teóricos les hablo. Para ello me detengo en definir el *contexto* y el *aprendizaje*, utilizando las ideas de la práctica situada, para, a continuación, entrar a lo que entiendo por *explicación científica escolar* y sus finalidades. Posteriormente presento una experiencia en la que se construyeron explicaciones en el aula de primaria y cómo las analizamos, para, por último, hablar sobre algunas recomendaciones generales para el aula y para la investigación.

Contexto, aprendizaje y explicación

Desde una visión tradicional de *contexto*, éste se entiende como el lugar donde las cosas acontecen. Una analogía posible es la de la sopa y la sopera. La sopera contiene, da for-

ma, modela y sostiene a la sopa, la cual se adapta a la forma y no traspasa los límites que la sopera impone. La sopera sería el contexto, la sopa la actividad.

Otra forma de hablar del contexto es refiriéndonos a situaciones específicas: una obra de albañilería, o una clase de matemáticas, por ejemplo, son sitios donde se usan las matemáticas. En estas dos situaciones ¿las matemáticas son contexto o contenido? ¿La actividad está definida por la matemática o la matemática está definida por la actividad? En las dos actividades mencionadas, la matemática se usa de forma diferente y se crea y transforma en la actividad.

El contexto no es fijo y definido, sino que se transforma con la actividad misma. Desde una perspectiva del estudio de la actividad socialmente situada, Jean Lave sostiene que

* Este artículo se deriva de una conferencia presentada en el Primer Encuentro Iberoamericano de Investigación sobre Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas, llevado a cabo en la ciudad de Medellín, Colombia, el día 20 de abril del 2006. En esta conferencia presenté algunos resultados que son parte de mi tesis doctoral, dirigida por las doctoras Neus Sanmartí y Rosa María Pujol, y desarrollada en la Universidad Autónoma de Barcelona, con apoyo del Conacyt México, durante los años 1999-2005, y algunas reflexiones sobre la construcción de explicaciones.

** Doctora. Profesora Investigadora del Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (Cinvestav), Unidad Monterrey.
E-mail: agomez@cinvestav.mx

[...] si se considera el contexto como un mundo social constituido en relaciones con personas actuantes, tanto el contexto como la actividad parecen inexorablemente flexibles y cambiantes (2001: 17).

Si reconocemos que los procesos cognitivos se generan en situaciones específicas y no son globales e indeterminados, se entiende el contexto donde estos acontecen como un espacio dinámico. Por ejemplo, al estudiar la construcción de explicaciones escolares, el lenguaje no sólo se presenta en un contexto, sino el lenguaje mismo crea contexto (Mercer, 1996). La forma como nos expresamos y comportamos es diferente en una clase de ciencias que en la convivencia de nuestro hogar. El lugar, la disposición del mobiliario, del espacio, las formas institucionalmente definidas, las relaciones, los implícitos y explícitos, el lenguaje: todo ello crea el contexto.

Desde esta perspectiva, el *aprendizaje* es inherente a la actividad y se entiende como "la participación y la comprensión cambiantes en la práctica" o "la cambiante comprensión de la práctica" (Lave, 2001: 17, 18). Es decir, implica no sólo la comprensión sino también la capacidad de actuar; por tanto, está siempre asociado a prácticas específicas.

Los oficios, por su parte, se consideran prácticas que están social, cultural e históricamente definidas (Leavey, 2001: 20). Podemos hablar entonces del oficio de hacer ciencia y de la enseñanza de las ciencias como la posibilidad de permitir a los niños y las niñas el pertenecer a esta comunidad de prácticas. La pregunta que surge es: ¿qué caracterizaría a dichas prácticas? Definirlo es un reto y un tema de investigación. Los filósofos de la ciencia lo han debatido mucho. No es la finalidad de este documento ahondar en esta polémica; sin embargo, sí me interesa plantear una postura.

Una posibilidad que me parece sugerente es caracterizar el oficio de hacer ciencia desde

un acercamiento cognitivo a ella (Giere, 1992) y desde una concepción de ciencia escolar (Izquierdo *et al.*, 1999). Así, el oficio estaría caracterizado por: 1) La construcción de modelos teóricos, es decir, la generación de un pensamiento teórico sobre los fenómenos, el uso de la experimentación, la evidencia y la reformulación de las ideas (Giere, 1992). 2) El uso del lenguaje, la comunicación de las ideas (oral, escrita, gráfica), la argumentación, la retórica y la apropiación de un lenguaje común (Sutton, 1992; Lemke, 1997). 3) La comprensión de la situación, la acción y la toma de decisiones, donde se incluye el trabajo en equipo, la cooperación, la interacción con otros, la regulación (Wenger, 2001). 4) Los valores asociados a la práctica (Echeverría, 2002). Si bien todos estos factores se relacionan, su identificación individual puede ser útil para la discusión y el análisis.

Así, al hablar aquí de *construcción de explicaciones escolares*, entendemos que éstas tienen una finalidad, están ligadas a las prácticas y, por tanto, ligadas a situaciones específicas. Sin embargo, ello no implica que el nivel de generalización de las mismas tenga que ser bajo. Explico lo anterior a continuación.

Para entender lo qué es una *explicación científica escolar*, seguiré las ideas de Stephen Norris *et al.* (2005). Esos autores hacen una revisión de lo que puede significar *elaborar explicaciones*. En principio, una explicación es un acto que intenta hacer algo claro, entendible o inteligible. Existen diversos tipos de explicaciones (comunes, históricas, científicas, etc.). En su elaboración influyen las circunstancias y razones por las que se producen, buscando todas ellas resolver un problema, enigma o dificultad.

Podemos dividir las explicaciones atendiendo a su función: a) *para ampliar un significado*, es decir, explican qué es algo, lo hacen entendible y lo clarifican; b) *para justificar*, lo que implica apelar a normas, estándares o valores establecidos; c) *para describir*, esto es, decir qué

pasa o sucede; se introduce generalmente una secuencia temporal, o d) *para establecer causalidades*, en la cual se introducen los mecanismos que causan un patrón observado. Existen otras propuestas de clasificación donde, por ejemplo, la explicación es una categoría aparte de la justificación y la descripción (véase, por ejemplo, Jorba, Gómez y Pratt, 2000).

Citando a Nagel, Stephen Norris *et al.* (2005) presentan otra posible clasificación, en este caso dirigida a las explicaciones científicas. Tendríamos entonces las siguientes: a) Las *deductivas*, en las que nos preguntamos: ¿por qué sucede un fenómeno?, y construimos la respuesta atendiendo a leyes generales y de acuerdo con las condiciones antecedentes de ocurrencia del fenómeno. Así, lo que se explica debe deducirse lógicamente de las condiciones antecedentes y apelando a leyes generales. b) Las *probabilísticas inductivas*, donde un evento se explica mostrando que su ocurrencia es altamente probable con base en los hechos conocidos y en las nociones probabilísticas. c) Las *explicaciones funcionales*, que se asocian con estudios biológicos o preocupaciones humanas; en ellas se aborda el propósito o función de algo, por ejemplo: ¿por qué los huesos tienen potasio? o ¿por qué los árboles caducifolios tienen hojas que caen en otoño? d) Las *genéticas o narrativas*, que relatan la historia que permite comprender un acontecimiento.

Podemos encontrar otras posibles clasificaciones. Por ejemplo, Ernest Mayr (1998) habla de *explicaciones biológicas* referidas a *causas próximas* o *causas remotas*. Las primeras dan cuenta del aquí y el ahora, es decir, al funcionamiento de un organismo y sus partes, así como de su desarrollo y cómo vive un ser vivo y con quién; la experimentación suele facilitar su determinación. Las segundas dan cuenta de factores históricos y evolutivos; suelen tener que ver con adaptaciones y con la diversidad orgánica, y explican el origen y la historia de los seres vivos. Estas últimas generalmente se determi-

nan por inferencias a partir de narraciones históricas.

Ante esta diversidad de formas en que podemos entender la explicación científica, Stephen Norris *et al.* (2005) recurren a Kitcher, quien presenta una alternativa: una aproximación unificada de la explicación, o *explicación integrada*. Kitcher se centra en la finalidad y el valor de la construcción de explicaciones. Él alude a que su valor reside en que permite unificar y organizar el conocimiento. Las explicaciones integradas no se evalúan individualmente, sino que se consideran dentro de una historia narrativa o un grupo de explicaciones relacionadas, y su finalidad es aumentar la comprensión del fenómeno.

En el contexto escolar, estas explicaciones integradas están asociadas a la construcción de modelos teóricos. Al apoyar la unificación de conocimiento permiten abarcar más fenómenos que pueden parecer diversos pero que se relacionan al ser explicados por un modelo teórico (Solsona, 1999). Así, apoyan la organización del conocimiento dado que se utilizan pocas ideas, pero claras, para considerar una diversidad de hechos. Este acercamiento funcional a la explicación científica es el que nos interesa en este trabajo. Bajo esta visión de explicación mostraré, a continuación, un ejemplo de su construcción en el aula.

Ejemplo de construcción de explicaciones en el aula: los seres vivos

Para construir explicaciones en el aula tenemos que atender, entre otros, a tres aspectos importantes: 1) la necesidad de construir preguntas que sean significativas para los estudiantes; 2) construir las respuestas a esas preguntas partiendo de las ideas de los alumnos y buscando la integración de ideas nuevas, propiciando su organización y el establecimiento de relaciones entre éstas y los fenómenos que explican. Este segundo punto in-

cluye, por tanto, un proceso de regulación constante, no sólo entre las ideas, el lenguaje y los fenómenos involucrados, sino también de las acciones; 3) las explicaciones construidas deben posibilitar actuar o intervenir en el mundo y tomar decisiones.

1. *La construcción de la pregunta.* En general, en la escuela ponemos atención a las respuestas de los alumnos y solemos olvidar la importancia de que construyan sus preguntas, o que las que les hacemos sean comprensibles para ellos. Comprender una pregunta y el sentido de la misma, con la finalidad de generar una respuesta, requiere poner en marcha nuestros modelos explicativos. Como ya han demostrado Rosalid Driver y muchos otros investigadores en didáctica de las ciencias (véase Driver, 1997, 1999; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994), las ideas alternativas y modelos explicativos de los estudiantes distan mucho de los modelos propuestos desde la ciencia erudita. Así, no es trivial el proceso de generar una pregunta significativa para los alumnos que ponga en marcha sus modelos explicativos, pero que, a la vez, nos permita intervenir constructivamente para generar explicaciones científicas escolares.

En la investigación que realizamos diseñamos una unidad didáctica dirigida a niños y niñas de primaria de una escuela de la ciudad de Barcelona, Cataluña,¹ para estudiar a los seres vivos en su ambiente. Lo primero que encontramos fue que estudiar así a los seres vivos implica ubicarlos en un ambiente con cambios de diferente magnitud e intensidad. Las docentes e investigadoras que cooperábamos en esta investigación, decidimos estudiar a los seres vivos cuando ocurren perturbaciones ambientales. Finalmente trabajamos tres años y diseñamos y llevamos al aula tres unidades

didácticas (una por año), con una duración de tres meses cada una (alrededor de 28 horas de trabajo en el aula). Esta fue una investigación-acción donde la propuesta era reformulada atendiendo a los obstáculos encontrados en su desarrollo en la acción, es decir, en el aula.

La perturbación que trabajamos fue los incendios forestales. La pregunta central elegida fue: ¿qué sucede a los seres vivos del bosque mediterráneo cuando hay un incendio forestal? Esta parece una pregunta sencilla; sin embargo, encontramos que para que realmente fuera significativa para los estudiantes era necesario trabajar sobre la comprensión conjunta de los elementos presentes en ella. En principio, éstos eran: ¿qué significa "ser vivo"? y ¿qué seres vivos hay en un bosque Mediterráneo? También fue importante entender qué cambios ocurren cuando hay un incendio en el bosque.

Para atender estas subpreguntas, y también para generar las respuestas a ellas y a la pregunta central, elaboramos un *modelo analógico* o *mediador didáctico* (Adúriz-Bravo *et al.*, 2005). Este mediador era una maqueta tridimensional que representaba el bosque, permitiéndonos simplificarlo y representar sólo aquellos elementos que nos eran de interés, por ejemplo: algunos seres vivos del bosque mediterráneo catalán (conocidos por los alumnos y también algunos que podían ser desconocidos para ellos, pero que eran significativos por sus adaptaciones a los incendios y que iríamos conociendo durante el trabajo), y la distribución espacial de esos seres vivos. Es decir, buscamos que los alumnos construyeran la maqueta generando una distribución agregada de seres vivos en función a parámetros biológicos y, a la vez, a la distribu-

1 Trabajamos en la escuela Coves d'en Cimany. Agradecemos a los niños y las niñas de esta escuela su participación y a los maestros Teresa Pigrau, Avelino Carvajal y Concha Saludos.

ción no homogénea de recursos. La maqueta sirvió no sólo para representar el bosque, sino para simular el incendio y su posterior regeneración. La forma en que la utilizamos era muy cercana a una simulación (para conocer cómo funcionaba la maqueta como una forma de trabajo experimental, véase Gómez, Pujol y Sanmartí, 2006).

Inicialmente sacamos a la luz las ideas de los niños y las niñas sobre qué es un ser vivo. Ello nos permitió ir construyendo la pregunta: ¿qué es un bosque y qué es un incendio? Una actividad interesante fue la reflexión en torno a la noción de: ¿qué comparten todos los seres vivos que los hacen "seres vivos"? La discusión nos llevo a agrupar las ideas de los alumnos en tres funciones: *nutrición, relación y reproducción*.² Luego, y tras realizar actividades dirigidas a consensuar y establecer puntos de partida, empezamos a trabajar en la construcción de las respuestas.

2. *Construir las respuestas.* En nuestra investigación encontramos que para construir una respuesta, primero hemos de realizar la *generalización de un fenómeno*, es decir, detectar un patrón o una regularidad. Los estudiantes tienen identificadas algunas regularidades que podemos ayudar a ampliar y organizar con diversas experiencias; para otras, se requiere recabar y organizar datos empíricos, por ejemplo, mediante la experimentación y las visitas. Una regularidad que los alumnos ya tienen identificada es, por ejemplo, la siguiente: "Cuando hay un incendio los animales huyen, las aves salen volando, las que están más cerca primero".

Para explicar la generalización anterior es necesario acudir a otros niveles de observación, es decir, a otras escalas de organi-

zación. Si estamos hablando de que los animales huyen estamos en una escala de observación de organismos. Para explicar esto, hemos de recurrir a *la escala inferior* de organización, es decir, los órganos y los sistemas. En esta escala inferior podemos identificar los mecanismos que causan el patrón detectado. Hemos de averiguar qué sucede dentro de una ave para que ésta detecte el incendio y salga volando (tendremos que hablar de sistema nervioso y órganos de los sentidos). Por otra parte, hemos de acudir también a *la escala superior* de organización (si estamos hablando de los organismos aves, la escala superior es la comunidad y el ecosistema). Buscamos identificar qué cambia en el ecosistema para que un ave salga volando. Hablamos de los cambios de temperatura, de gases en el aire, etc. Podemos resumir, entonces, que en esta propuesta tanto el nivel inferior, que llamamos *mecanismos*, como el nivel superior, que llamamos *constricciones*, son los causantes del patrón observado y permiten explicarlo.

Proponemos que en la construcción de explicaciones se integren estas tres escalas de observación: *generalizaciones, mecanismos y constricciones* (Gómez, 2004; Gómez, Sanmartí y Pujol, 2005, y en prensa). Llamo aquí la atención sobre nuestra propuesta de incluir el nivel superior de organización en la explicación de los patrones observados. Este nivel es generalmente descuidado en las explicaciones científicas escolares. Tenemos la tendencia de explicar utilizando un solo nivel de observación o yendo únicamente al nivel inferior. Incorporar el nivel superior permite dar complejidad a las explicaciones, ya que las respuestas no son las mismas siempre, sino que dependen de las condiciones en las que se producen. Por otra parte, al estudiar a los seres vivos nos

2 Estas funciones son propuestas por Pilar García (2005) para organizar las ideas sobre los seres vivos en el aula y guiar el diseño curricular.

permite incorporar aspectos relacionados con la educación ambiental y con la complejidad y no linealidad en las explicaciones.

3. *Posibilidad de actuar.* He mencionado que las explicaciones han de permitirnos actuar y tomar decisiones. En el ejemplo que he presentado, específicamente en la tercera unidad didáctica, los estudiantes estaban motivados a estudiar los incendios para contribuir con su opinión y sus acciones a la prevención de incendios forestales y a la gestión de áreas quemadas. Esta unidad didáctica la realizamos en Barcelona, Cataluña, donde cada año se producen incendios forestales de importancia. Al finalizar la unidad didáctica, los niños y las niñas realizaron acciones dirigidas a apoyar la conservación de los bosques: envío de cartas a asociaciones y a instancias gubernamentales, y diseño de una campaña y carteles en la escuela. Un segundo ámbito de acción de los alumnos fue en la misma construcción y manipulación de la maqueta. Las transformaciones de ésta (tanto el montaje, simulación del incendio y posterior recuperación del bosque) se relacionaban con decisiones de los estudiantes de incorporar especies, ubicarlas en ciertos lugares, moverlas, volverlas a ubicar, etc. Todo lo anterior apoyado en argumentos que se justificaban en las ideas sobre los seres vivos que estábamos estudiando (es decir, en el modelo de ser vivo que se construía).
4. *Análisis de explicaciones.* Para analizar cómo se estaban construyendo las explicaciones en el aula, grabamos las conversaciones entre maestras y alumnos en las actividades realizadas alrededor de la maqueta. He de anotar que, además de estas conversaciones, se realizaron redacciones, dibujos y otras experiencias para promover la incorporación y organización de nuevas ideas en los alumnos. Las grabaciones de las conversaciones se transcribieron e identificamos secuencias de discurso. Para ello to-

mamos en cuenta el tema del que se conversaba y el nivel de observación escalar (si se hablaba de organismos, de órganos y sistemas, o del ecosistema y el ambiente). Una vez dividida la conversación en segmentos definimos para cada uno: de qué se hablaba, qué evidencias se incorporaban, cómo se usaba el lenguaje cotidiano y científico, los procesos de auto y corrección tanto de las ideas como del lenguaje y de las acciones, y quién promovía la actividad, si lo hacían las maestras o los alumnos y las alumnas, o lo hacían conjuntamente maestras y alumnos. Al ser un proceso costoso, sólo se produjeron una o dos explicaciones por actividad, excepto en el caso de la última, en la que se generaron cuatro explicaciones, cosa coherente con el hecho de tratarse de una actividad de síntesis.

Los datos analizados nos mostraron que el proceso de construcción de explicaciones requirió la elaboración de un discurso articulado y complejo en el cual se fueron relacionando unos pocos hechos con el modelo (ser vivo), relaciones que no eran ni inmediatas ni evidentes. Éstas se construyeron en cada nivel de observación escalar, sin dejar de establecer, entre cada uno, vínculos con la experiencia de los escolares.

Construir explicaciones es un proceso que es lento y en el que confluyen muchos elementos, ya que los alumnos y las alumnas y los y las docentes iban integrando los diferentes niveles de observación escalar y distintas fuentes de evidencia. Ellos iban regulando su actividad y también transformando su lenguaje cotidiano en lenguaje científico.

Reflexiones para el aula y la investigación

Aún podemos seguir hablando sobre la construcción de explicaciones en el aula, pero dado la limitación de espacio, me gustaría terminar con algunas reflexiones generales para abor-

dar su construcción en el aula y comentar la línea actual de investigación que desarrollamos.

Respecto a la construcción de explicaciones en el aula, si bien es conveniente que como docentes reconozcamos los diferentes tipos de explicaciones posibles y los propiciemos en el aula, éstas han de considerarse en un sistema coherente y articulado de explicaciones, entendiéndose éstas como explicaciones integradas. En la investigación que realizamos, observamos cómo en el aula se construyen conjuntos de explicaciones que se van relacionando. En ellas se organiza el conocimiento y se busca la comprensión de un fenómeno desde su complejidad; en este caso, lo que sucede a los seres vivos cuando las condiciones del medio cambian. Encontramos que una pregunta se descompone generalmente en subpreguntas que van apoyando la construcción de la respuesta, la que, además, no es única. Un punto clave fue siempre partir de las ideas iniciales de los alumnos y dirigirnos a incorporar ideas nuevas apoyándonos en procesos de regulación. Con todo ello se generó lo que Mercè Izquierdo llama *hechos paradigmáticos* (Izquierdo *et al.*, 2005), es decir, hechos ejemplares a los que los escolares pueden recurrir para pensar en el modelo estudiado, en este caso, el modelo de ser vivo.

Otro elemento de interés es el uso de representaciones mediadoras dinámicas. Los procesos biológicos nunca son estáticos. Entonces, ¿por qué insistimos en hacer representaciones que sí lo son (figuras de sistemas nervioso o circulatorio, maquetas estáticas, etc.)? Un recurso posible a incorporar son las nuevas tecnologías; pero las representaciones dinámicas pueden realizarse también con papel y lápiz, incluyendo flechas, colores, sucesiones de dibujos, acercamientos que nos indiquen cambios de escalas, etc.

Con respecto a la investigación sobre la construcción de explicaciones, actualmente en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (Cinvestav), en la Unidad Monterrey,

México, continuamos con esta línea de investigación, es decir, la construcción de explicaciones científicas en el aula. El proyecto actual en desarrollo, en colaboración con la Universidad de Guanajuato, específicamente con el Cuerpo Académico Configuraciones Formativas, analiza la actividad experimental en tres escenarios de formación científica: las aulas de educación básica, los talleres de ciencia para jóvenes y los centros de investigación. Esperamos encontrar una serie de elementos que son comunes en estos escenarios.

En este proyecto se pretende identificar el lugar que ocupa en la planificación curricular las actividades experimentales en cada escenario y las finalidades que los docentes (de escuelas primarias, de los talleres y de maestría en ciencias) tienen al planificarlas. Por otra parte, documentar el desarrollo de las mismas, para estudiar el uso y conceptualización del equipo y material de laboratorio, la relación que se establece entre el modelo y el fenómeno, y cómo y dónde se incorporan las evidencias y de qué tipo son —evidencia interna, probatoria, etc.— (Guillamin, 2005). También los niveles de participación de los alumnos, los maestros y los materiales. Con ello se busca amenizar la discusión, ya existente, sobre la enseñanza de la ciencia como transmisión de un oficio y como la posibilidad de permitir a los niños y las niñas pertenecer a esta comunidad de prácticas. Por último, buscamos también tener más elementos para responder a las preguntas ya elaboradas en párrafos anteriores: ¿qué actividades realiza el aprendiz del oficio de hacer ciencia? ¿Cuál sería el papel de la construcción de explicaciones científicas escolares y cómo han de construirse?

El estudio de la construcción de explicaciones científicas escolares es, como hemos visto, un tema vigente y de interés en la investigación de didáctica de las ciencias, que brinda muchas preguntas y donde hay muchas explicaciones por construir.

Referencias bibliográficas

- Aduriz-Bravo, A.; Gómez, A.; Márquez, C. y Sanmartí, N., 2005, "La mediación analógica en la ciencia escolar: la propuesta de función modelo teórico", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 1-5.
- Driver, R., 1997, *The pupil as scientist?* Gran Bretaña, Open University Press.
- _____, 1999, *Making sense of secondary science*, Londres, Routledge.
- Echeverría, J., 2002, *Ciencia y valores*, Barcelona, Destino.
- García, P., 2005, "Los modelos como organizadores del currículum en biología", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, versión electrónica http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/05_Paradigma_de_comp/0Resumen05.pdf
- Giere, R. N., 1992, *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*, México, Conacyt Ciencia Básica.
- Gómez, A., 2004, "Construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar", Tesis de doctorado UAB.
- Gómez, A.; Sanmartí, N. y Pujol, R., 2005, "Construcción de explicaciones causales en la escuela primaria: los seres vivos en interacción con el medio", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, versión electrónica http://www.blues.uab.es/~sice23/congres2005/material/Simposios/10_construccion_discurs/Gomez_666.pdf
- _____, en prensa, "Production of Explanations in Primary Schools when Interpreting Environmental Disturbances", *Journal of Biology Education*, núm. 47.
- Gómez, A.; Pujol, R. y Sanmartí, N., 2006, "Pensar, actuar y hablar sobre los seres vivos alrededor de una maqueta", *Alambique*, núm. 47, pp. 48-55.
- Guillaumin, G., 2005, *El surgimiento de la noción de evidencia. Un estudio sobre la epistemología histórica sobre la idea de evidencia científica*, México, Estudios sobre la ciencia UNAM.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M. P; Pujol, R. M. y Sanmartí, N., 1999, "Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 79-91.
- Jorba, J.; Gómez, I. y Pratt, A., eds., 2000, *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*, Madrid, Síntesis UAB.
- Lave, J., 2001, "La práctica del aprendizaje", en: Chaiklin, S. y Lave, J., comps., *Estudiar las prácticas, perspectivas sobre actividad y contexto*, Buenos Aires, Amorrortu.
- Lemke, J., 1997, *Aprender a hablar ciencia*, Barcelona, Paidós (Edición original en inglés de 1993).
- Mayr, E., 1998, *Así es la biología*, Barcelona, Debate Pensamiento.
- Mercer, N., 1996, "Las perspectivas socioculturales y el estudio del discurso en el aula", en: Coll, C. y Edwards, D., eds., *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula*, Madrid, Cultura y Conciencia.
- Norris, S.; Guilbert, S.; Smith, M.; Hakimelahi, S. y Phillips, L., 2005, "A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science", *Sci. Ed.*, núm. 89, pp. 535-563.
- Solsona, N., 1999, "El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria", *Investigación en la Escuela*, núm. 38, pp. 65-75.

Sutton, C., 1992, *Words, Science and Learning*, Londres, Open University Press.

Wandersee, J.; Mintzes, J. J. y Novak, J. D., 1994, "Research on Alternative Conceptions in Science", en: Gabel, D. L., ed., *Handbook of*

Research on Science Teaching and Learning, Nueva York, Macmillan Publishing Company, pp. 177-210.

Wenger, E., 2001, *Comunidades de práctica*, Barcelona, Paidós.

Referencia

Gómez Galindo, Alma Adrianna, "Construcción de explicaciones científicas escolares", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 73-83.

Original recibido: mayo 2006

Aceptado: julio 2006

Se autoriza la reproducción del artículo citando la fuente y los créditos de los autores.