

Argumentación matemática a través de actividades STEAM en educación infantil

M. Salgado

Universidad de Santiago de Compostela

Á. Alsina

Universidad de Girona

S. Filgueira

Universidad de Santiago de Compostela

Resumen: *Se analizan las habilidades de argumentación en un aula de 5 años de Educación Infantil a partir de una actividad STEAM en la que se trabajan de forma conjunta las matemáticas y las ciencias a partir del estudio de las propiedades físicas del agua. En concreto, se analizan los argumentos de los alumnos sobre la forma del agua a partir de un experimento con cinco recipientes con distintas propiedades geométricas. Los resultados indican que los niños usan principalmente argumentaciones basadas en el lenguaje matemático, o bien palabras o grafías, aunque con bastantes errores en el tipo de lenguaje utilizado. Se concluye que las actividades científico-matemáticas son un escenario idóneo para fomentar el desarrollo del pensamiento matemático crítico en Educación Infantil.*

Palabras clave: *Argumentación, prácticas matemáticas, STEAM, pensamiento matemático crítico, Educación Infantil.*

Mathematical argumentation through STEAM activities in children's education

Abstract: *The argumentation skills are analyzed in a classroom of 5 years of Early Childhood Education from a STEAM activity in which mathematics and sciences are jointly studied from the study of the physical properties of water. In particular, students' arguments about the water form are analyzed from an experiment with five containers with different geometrical properties. The results indicate that children use mainly argumentations based on mathematical language, or words or spellings, although with enough errors in the type of language used. It is concluded that the scientific-mathematical*

activities are an ideal scenario to promote the development of critical mathematical thinking in Early Childhood Education.

Keywords: *Argumentation, mathematical practices, STEAM, critical mathematical thinking, Early Childhood Education.*

1. INTRODUCCIÓN

La argumentación es una habilidad empleada en diversos ámbitos de conocimiento, como la ciencia o la matemática, pero poco trabajada en las aulas. El escaso trabajo argumentativo en las aulas se traduce en adultos con dificultades para defender sus pensamientos y puntos de vista ante una determinada temática.

Las habilidades argumentativas no son innatas, sino que necesitan de un contexto educativo que potencie su desarrollo. Por ello, resulta de gran relevancia transformar la educación pasando de una enseñanza conceptual del conocimiento a un aprendizaje argumentativo que se realice de forma práctica (Bricker, 2009, Posada, 2015).

A pesar de lo que se viene pensando desde tiempos pasados, las prácticas argumentativas no se encuentran relegadas a las últimas etapas escolares, sino que su presencia es importante y necesaria en todos los niveles educativos. El alumnado de Educación Infantil tiene la capacidad necesaria para llevar a cabo este tipo de aprendizaje, adaptando los conocimientos a su nivel madurativo. Desde este prisma, diversos organismos y autores han impulsado en las últimas décadas que la argumentación se trabaje explícitamente en las aulas ya desde los 3 años. Así, por ejemplo, desde los planteamientos del *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) de Estados Unidos, que abogan por trabajar los contenidos matemáticos a través de los procesos de resolución de problemas, razonamiento y prueba, comunicación, conexiones y representación, señalan que el trabajo sistemático del razonamiento y la prueba desde las primeras edades es fundamental para que los niños aprendan desde pequeños a argumentar, explicar o justificar sus ideas matemáticas, puesto que es el camino necesario para comprender el verdadero significado de las matemáticas (NCTM, 2003). Sin embargo, hay que tener presente que no todas las prácticas de aula contribuyen de la misma manera a fomentar la argumentación. En este sentido, Alsina (2010) planteó la frecuencia de uso de diversos contextos de enseñanza en el aula de matemáticas a través de un diagrama piramidal en el que se situaban en la base contextos que debían ser usados de forma habitual para enseñar y aprender matemáticas en las primeras edades, como las situaciones de vida cotidiana, los materiales manipulativos o bien los juegos; los recursos literarios y tecnológicos se situaban en un nivel intermedio; y, finalmente, en la cima de dicho diagrama se incluían los recursos gráficos (fichas, libros de texto; etc.), respetando así la manera natural de los niños de aprender matemáticas desde lo concreto hacia lo abstracto. Más adelante, este mismo autor planteó la necesidad de considerar los procesos matemáticos, entre ellos el razonamiento y la prueba, como elementos clave para la planificación y gestión de actividades en el aula (Alsina, 2016). Respecto al razonamiento, indicó que:

En las primeras edades el razonamiento es sobre todo informal y se refiere a la capacidad de explicar, argumentar o justificar las acciones realizadas y las proposiciones, mientras

que la prueba implica comprobar el resultado de dichas acciones y proposiciones. Desde este prisma, razonar y comprobar implica argumentar las afirmaciones que se hacen (“¿por qué piensas que es verdad?”); descubrir (“¿qué piensas que pasará ahora?”); justificar proposiciones (“¿por qué funciona esto?”); y hacer razonamientos inductivos, basados en la propia experiencia (Alsina, 2016, p. 18).

Parece, pues, bastante claro que para alcanzar una mayor comprensión de los conocimientos matemáticos y fomentar el desarrollo del pensamiento matemático crítico desde las primeras edades, durante la etapa de Educación Infantil se deberían poner en práctica actividades realizadas desde contextos ubicados en los primeros niveles del diagrama piramidal. Además, deberían ir acompañadas de una gestión donde la indagación y la experimentación por parte del alumnado, junto con la argumentación, constituyan el eje central de las actividades o experimentos (Couso et al., 2009).

2. LA ARGUMENTACIÓN MATEMÁTICA EN EDUCACIÓN INFANTIL

Una de las finalidades de la educación matemática, que se ha recogido en la mayoría de los currículos de matemáticas contemporáneos, es formar ciudadanos críticos y reflexivos, comprometidos y capaces de razonar (Niss, 2002; OCDE, 2004). Para ello, es esencial el trabajo de prácticas argumentativas, donde se aprenda a reconocer argumentos válidos y a desarrollar razonamientos analíticos que permitan la adquisición progresiva de habilidades vinculadas al pensamiento matemático crítico. Pero, ¿qué es la argumentación?, y ¿cómo debería trabajarse desde las primeras edades?

Desde una perspectiva genérica, Sardà (2003, p. 123) se refiere a la argumentación como una:

Actividad social, intelectual y verbal que sirve para justificar o refutar una opinión, y que consiste en hacer declaraciones teniendo en cuenta al receptor y la finalidad con la cual se emiten. Para argumentar hace falta elegir entre diferentes opciones o explicaciones y razonar los criterios que permiten evaluar como más adecuada la opción elegida.

De Gamboa, Planas y Edo (2010, p. 36) añaden que “la argumentación es un discurso dirigido a un receptor con el fin de justificar una opinión partiendo de hechos o datos y razonando los criterios sobre los que se decide la adecuación de la opción elegida”. Para estos autores, pues, la argumentación aparece ligada a los conceptos de justificación y explicación, tal como ya señalan Perelman y Olbrech-Tyteca (1994).

En relación al desarrollo de la argumentación desde las primeras edades, el NCTM (2003) impulsa el trabajo de prácticas argumentativas en el aula desde los 3 años, como ya se ha indicado. Para este organismo, hay cuatro aspectos referentes al razonamiento y la prueba que se deberían trabajar: a) reconocer el razonamiento y la prueba como aspectos fundamentales de las matemáticas; b) formular e investigar conjeturas matemáticas; c) desarrollar y evaluar argumentos y pruebas matemáticas; y d) escoger y usar varios tipos de razonamiento y métodos de prueba. Alsina (2016, p. 19) indica que “una gestión de las prácticas matemáticas que favorezca el razonamiento y la prueba implica plantear buenas preguntas, más que dar explicaciones; favorecer la interacción y el contraste; e

incentivar la indagación y el aprendizaje autónomo con la guía del adulto”. Las buenas preguntas, de acuerdo con Mercer (2001), hacen avanzar desde unos primeros niveles de concienciación sobre lo que uno ya sabe o es capaz de hacer hacia niveles superiores. En este sentido, EduGAINS (2011), una excelente iniciativa para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en las escuelas de Ontario (Canadá), propone ocho consejos para plantear preguntas efectivas a los alumnos en la clase de matemáticas: 1. Anticipar el pensamiento de los alumnos; 2. Vincular con los objetivos de aprendizaje; 3. Plantear preguntas abiertas; 4. Plantear preguntas que realmente necesitan ser contestadas; 5. Incorporar verbos que provocan altos niveles de la taxonomía de Bloom (verbos que estimulan el pensamiento y la comprensión, como conectar, elaborar, evaluar y justificar); 6. Plantear preguntas que abren una conversación para incluir a todos (en el marco de una comunidad de aprendizaje); 7. Mantener las preguntas neutrales (evitar calificativos como “fácil” o “difícil” ya que pueden condicionar las respuestas de los alumnos); 8. Proporcionar tiempo de espera (entre las preguntas y las respuestas de los alumnos).

Alsina (2016) añade, además, que en las primeras edades el trabajo por proyectos puede favorecer el razonamiento y la prueba, junto a otras prácticas como las situaciones de experimentación y juego, en contraposición a otras prácticas docentes más descontextualizadas, poco significativas y a menudo orientadas a la adquisición de técnicas y símbolos a través de la repetición y la práctica.

Considerando estos antecedentes, a continuación se describe una experiencia científico-matemática en la que han participado 19 alumnos/as y 2 profesoras de Educación Infantil de un centro público de la provincia de A Coruña (Galicia). La metodología empleada para la evaluación de las actividades, así como del proyecto en su totalidad, ha sido la observación. Al mismo tiempo que se realizaban las actividades se hacían fotografías, vídeos y grabaciones de voz al alumnado que después han sido transcritas y analizadas.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Contextualización

La argumentación es un saber recogido en el Decreto 330/2009, del 4 de junio, por el cual se establece el currículo de Educación Infantil para la Comunidad Autónoma de Galicia. De la misma forma que el resto de saberes, aparece de forma globalizada, puesto que el currículo estructura los contenidos de la etapa en tres áreas:

- i. *Conocimiento de sí mismo y autonomía personal*
- ii. *Conocimiento del entorno*
- iii. *Lenguajes: comunicación y representación*

La experiencia abarca contenidos explícitos de dos de las tres áreas. Trabaja la argumentación, principalmente presente en la tercera área, ligada a las ciencias y a la matemática, estrechamente ligadas con la segunda área. Aún así las habilidades que se corresponden más directamente con la primera área también son desarrolladas de manera implícita. Desde este prisma, pues, se parte de una metodología STEAM “*Science,*

Technology, Engineering, Art, Mathematics”, que incluye dos o más disciplinas conjuntamente para fomentar las competencias (en nuestro caso, matemáticas y ciencias), mejorando la actitud del alumnado hacia los contenidos y resultando más motivadoras y receptivas puesto que les resultan contenidos atractivos e interesantes. En la coordinación, las materias se organizan simultáneamente para que durante el aprendizaje surjan conexiones espontáneas entre los contenidos. Y en la colaboración existen momentos en los cuales las disciplinas se entrelazan evidenciando su conexión y la transición de una materia a la otra. En consecuencia, pues, se lleva a cabo un aprendizaje interdisciplinar, definido por Yakman (2008) como un aprendizaje estructurado en varias disciplinas de forma que cada una conserva su propia relevancia pero se promueve la transferencia de conocimientos entre materias llegando a ser, de manera puntual, una sola.

Como modelo de trabajo se ha elegido el aprendizaje por proyectos, de forma que se llevan a cabo actividades de indagación, investigación y experimentación que asignan al alumnado un papel protagonista. El aprendizaje por proyectos trae consigo una serie de ventajas, como favorecer la conexión entre distintos aspectos y/o temáticas o contenidos, fomentar el empleo de una variedad de materiales que estimulen el pensamiento o favorecer la realización de un análisis crítico por parte del alumnado.

Por último, en este proyecto se le da gran importancia al aprendizaje por descubrimiento. Mediante la experimentación, el alumnado crea su propio conocimiento. Debido a que en la etapa de Educación Infantil la estimulación de los sentidos es fundamental para el aprendizaje, se introducen actividades que permiten la interacción y manipulación del alumnado.

3.2. Descripción de la experiencia

El proyecto surgió del propio alumnado quién, durante una asamblea, mostró su inquietud e interés por el agua. Así, pues, durante un periodo de tres meses se estudiaron las propiedades físicas del agua identificando cinco atributos: temperatura, sabor, peso, forma y color. Los alumnos sugirieron cinco experimentos (uno para cada atributo), a partir de los que se elaboraron hipótesis, se recogieron e interpretaron datos, se explicaron sucesos, se hicieron comprobaciones... con la finalidad de adquirir conocimientos y destrezas aplicables a otros contextos y fenómenos.

A continuación se describen los resultados del experimento sobre la forma del agua, con el fin de ejemplificar el tipo de actividad y la argumentación matemática utilizada por el alumnado. Con este experimento se pretendió que los alumnos desarrollaran estrategias de resolución de problemas a partir de los dos objetivos siguientes: 1) Introducir la noción matemática de volumen; y 2) Discriminar formas planas y cuerpos geométricos. Para lograr estas finalidades, se llevó a cabo un trabajo en tres fases.

3.2.1. Conocimientos previos de los alumnos sobre el agua

En la primera fase del experimento, la profesora presenta el atributo en gran grupo y pregunta al grupo de alumnos ¿qué forma tiene el agua? El alumnado manifiesta que el agua es plana, redonda. A continuación se extrae un fragmento de la misma:

- Maestra: ¿Cuál es la forma del agua?
- Niño S: Muchas.
- Niño Ru: Redonda.
- Niño X: Plana.
- Niña Y: Redonda.
- Niño Iv: La forma que ella quiera.
- Niño F: Redonda.
- Niño Ik: Redonda.
- Niña Al: Yo creo que muchas.
- Niño Ig: Redonda.
- Niño A: Redonda.
- Niña Af: Cuadrada.
- Niña L: Cuadrada.
- Niña G: Redonda.
- Niño Ra: Muchas.
- Niño F: Muchísimas formas.
- Maestra: Muchas, ¿cuántas son?
- Niño F: Todas.
- Niño I.V: Solamente tiene forma en las botellas y en los vasos, y sino la que ella quiera.
- Niño S: O en cubo.

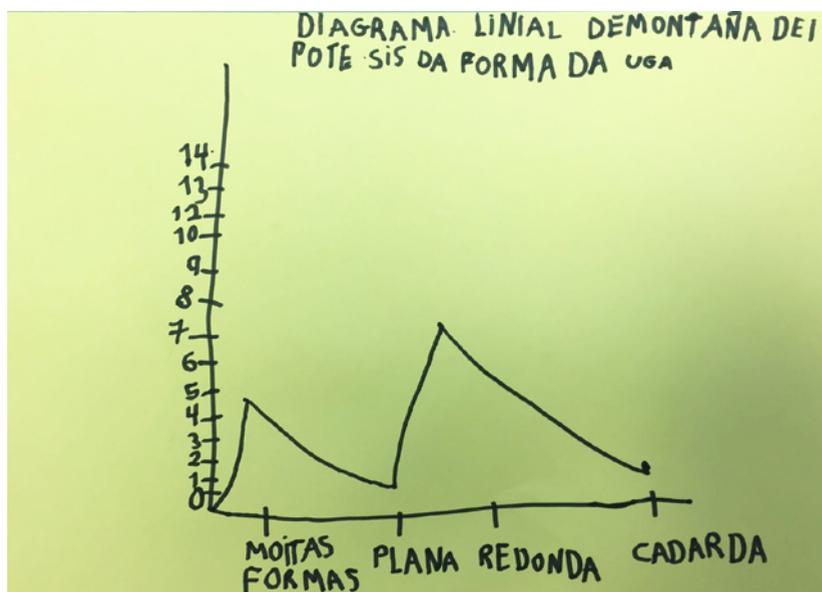


Figura 1.
Diagrama lineal.

- Niño Ru: También tiene forma si la metemos en una pota o en una jarra.
- Niña G: O en una olla.
- Niño I.V: O en una cuchara, bueno mejor cucharón.

Se recogen sus creencias en un diagrama lineal, con la finalidad de observar datos globales sobre sus creencias y poder extraer conclusiones el docente para la selección de los recipientes de cara a la segunda fase.

3.2.2. Experimentación con el agua

Se seleccionan 5 recipientes con diferentes formas geométricas: una caja con forma de cubo, un bote con forma de cilindro, un globo que simula una esfera, una bolsa rectangular y un globo con forma de corazón.



Figura 2. Recipientes.

El alumnado observa y manipula los recipientes individualmente. Seguidamente registran sus creencias y argumentaciones sobre la forma del agua en dichos recipientes en un cuadro de doble entrada.



Figuras 3 y 4. Manipulando.



Figura 5. Registrando.

Partiendo de la base que los registros y las representaciones matemáticas de los niños de las primeras edades se ven limitados a dibujos, a un lenguaje matemático reducido, grafías o palabras o a los primeros simbolismos (Alsina, 2016), las producciones de los alumnos se han organizado en 5 grupos: argumentación pictórica; lenguaje matemático; con palabras o grafías; argumentación simbólica; argumentación mixta (tabla 1).

Tabla 1. Tipos de argumentaciones de los alumnos sobre la forma del agua en los recipientes

	PICTÓRICA	LENGUAJE MATEMÁTICO	CON PALABRAS O GRAFÍAS	SIMBÓLICA	MIXTA
1		Redondo Cuadrada	Forma de gato Muchas formas		Palabra + dibujo Redonda + dibujo de Redondo
2		Cuadrada Triangular	Tiene forma		
3		Cuadrada Cilindro Redonda Un círculo	El agua tiene muchas formas Diente		
4		Redonda Cuadrada Plana Cilindro Triangular	El agua tiene muchas formas		
5		Redonda Cuadrada Plana	El agua no tiene forma pero si la echas en los recipientes si tiene		
6		Cuadrada Rectangular Cilindro Redonda	Muchas formas Diente Solo tiene forma cuando está en cosas La que quieras		
7		Cuadrada Cilindro	Muchas formas		
8		Cuadrada Circular Redonda en el vaso	Muchas formas		
9		Redonda Cuadrada Rectangular	El agua tiene muchas formas		
10		Cubo Cuadrada Cilindro Círculo	Muchas Diente		

	PICTÓRICA	LENGUAJE MATEMÁTICO	CON PALABRAS O GRAFÍAS	SIMBÓLICA	MIXTA
11		Cuadrada Rectángulo Redonda	Redondo Diente El agua tiene muchas formas El agua no tiene recipiente cuando no tiene forma		
12		Redonda Cuadrada Rectangular Cilindro	Forma de diente Forma de pera El agua tiene muchas formas		
13		Cuadrada Redonda Plana	Muchas formas		
14		Plana Cuadrada Redonda Cilindro	Muchas formas		
15		El agua tiene forma circular Cuadrada Plana Cilindro	Tiene forma de diente Globo El agua tiene la forma del recipient.		
16		Redonda Triangular	Pollo Me parece una pera Tiene cinco formas		
17		Circular Cuadrada Redonda	Forma de diente Forma de bolsa Forma de globo El agua tiene muchas formas		
18		Cuadrada Círculo Círculo estirado	Muchas formas		
19		Cubo Cuadrado Cilindro Esfera Redonda	La forma que ella quiera Pollo Solo tiene forma cuando está en las botellas		

Como se observa en la tabla anterior, los niños argumentan el atributo de “la forma” utilizando lenguaje matemático, palabras o grafías; solo un caso utilizó una argumentación mixta, combinando palabras con dibujos. El lenguaje geométrico que utilizan para describir el volumen no es el correcto en la gran mayoría del alumnado, ya que utiliza términos de formas planas, apareciendo en varios casos el término “cilindro”, en algunos el de “cubo” y en uno el de “esfera”.

3.2.3. Puesta en común

A posteriori se ponen en común las respuestas registradas, extrayendo conclusiones.

En la puesta en común, después de la experimentación, los niños han manifestado sus conocimientos en gran grupo, intercambiando y justificando el motivo por el que designaban la forma de un modo u otro, apareciendo conflictos entre unos y otros y términos nuevos, como por ejemplo “los cuerpos geométricos”. De este modo, se ha fomentado la co-construcción de nuevos conocimientos y la reconstrucción de conocimientos erróneos por parte de algunos alumnos, avanzando de este modo hacia la formalización del aprendizaje: en asamblea, los niños han concluido que el agua en los recipientes adquiere volumen, y la forma que tenga el mismo. El agua por tanto puede tener muchas formas.

TÁBOA REXISTRO: Forma

FORMA

1	CADRADA
2	DENTE
3	CADRADA
4	RRECTANGULO
5	REDONDA

A AUGA TEM MOITAS FORMAS

Figura 6. Registro con conclusión.

4. CONSIDERACIONES FINALES

En este artículo se ha mostrado cómo los niños de 5 años elaboran argumentos en el contexto de actividades STEAM que parten de las conexiones entre las matemáticas y las ciencias. A partir de los resultados obtenidos se ha puesto de manifiesto que los niños usan principalmente argumentaciones basadas en el lenguaje matemático, o bien palabras o grafías, mientras que los otros tipos de argumentaciones están ausentes (pictóricas y simbólicas), o bien aparecen de forma muy escasa, prácticamente anecdótica: un solo alumno ha utilizado una argumentación mixta, combinando palabras con dibujos.

En relación al tipo de lenguaje usado para producir las argumentaciones, se ha puesto de manifiesto que los participantes en la experiencia utilizan mayoritariamente términos de propiedades geométricas correspondientes a formas planas para referirse al volumen, aunque en algunos casos ya empieza a usarse el término “cilindro”, “cubo” y “esfera”.

En relación a la metodología, se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje por proyectos es un método que acerca los contenidos al alumnado, tomando como base su entorno más inmediato. Y esto, sumado a la metodología STEAM “Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics”, favorece la adquisición de un aprendizaje más significativo. En este tipo de aprendizaje, el alumnado se compromete con el trabajo al construir su propio conocimiento a través de una serie de actividades en las cuales la experimentación es crucial.

En síntesis, pues, el desarrollo de actividades científico-matemáticas en edad infantil es posible y se convierten en un escenario idóneo para fomentar la adquisición progresiva de habilidades matemáticas y de estrategias que favorecen la resolución de problemas en otros contextos no matemáticos: recogiendo datos, observando, valorando, discriminando, comparando, interpretando,... y finalmente, argumentando, comprobando y compartiendo, los niños van desarrollando su pensamiento matemático crítico.

Agradecimientos

Se agradece a FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal de Investigación/ Proyecto EDU2017-84979-R.

REFERENCIAS

- Alsina, Á. (2010). La “pirámide de la educación matemática”, una herramienta para ayudar a desarrollar la competencia matemática. *Aula de Innovación Educativa*, 189, 12-16.
- Alsina, Á. (2016). Diseño, gestión y evaluación de actividades matemáticas competenciales en el aula. *Épsilon, Revista de Educación Matemática*, 33(1), 7-29.
- Bricker, L. A. (2009). A sociocultural historical examination of youth argumentation across the settings of their lives: Implications for science education. (Tesis doctoral). University of Washington, Seattle, United States of America.

- Couso D., Jiménez M. P., López-Ruiz J., Mans C., Rodríguez C., Rodríguez J.M., Sanmartí, N. (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España*. Madrid: Rubes Editorial.
- De Gamboa, G., Planas, N. y Edo, M. (2010). Argumentación matemática: prácticas escritas e interpretaciones. *Suma*, 64, 35-44.
- Decreto 330/2009, del 4 de junio, por el que se establece el currículo de educación infantil en la Comunidad Autónoma de Galicia. BOE 121, del 23 de junio del 2009.
- EduGAINS (2011). Asking effective questions. Recuperado de http://www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/inspire/research/cbs_askingeffectivequestions.pdf.
- Mercer, N. (2001). *Palabras y mentes*. Barcelona: Paidós.
- NCTM. (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Granada: Servicio de Publicaciones de la SAEM Thales.
- Niss, M. (2002). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project*. Roskilde: Roskilde University.
- OECD (2004). *Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- Perelman, C. y Olbrech-Tyteca, L. (1994). *Tratado de la argumentación*. Madrid: Gredos.
- Posada, J.L. (2015). La argumentación y su rol en el aprendizaje de la ciencia. *Revista Tesis Psicológica*, 10(1), 146-160.
- Santaella, L. (2011). La evolución de los tres tipos de argumento: abducción, inducción y deducción. Universidad de Sao Paulo. Brasil. Recuperado de <http://www.unav.es/gep/AN/Santaella.html>.
- Sardá, A. (2003). Argumentar: proposar i validar models. En N. Sanmartí (Ed.), *Aprendre Ciències tot aprenent a escriure ciència* (121-148). Barcelona: Edicions 62.
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. En M.J. de Vries (Ed.), *PATT-17 and PATT-19 Proceedings* (pp. 335-358). Reston, V.A.: ITEEA.