

Robótica educativa y su potencial mediador en el desarrollo de las competencias asociadas a la alfabetización científica

Yonnhatan García C.^a

David Reyes G.^b

RESUMEN

El objetivo de este artículo es analizar el potencial de la Robótica Educativa en el desarrollo de competencias relacionadas con la alfabetización científica, específicamente en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. En el artículo se regresa la mirada hacia el debate sobre la conceptualización de la alfabetización científica poniendo particular énfasis en las formas en que se evalúa el grado de alfabetización. Por último, se conecta la Robótica Educativa y su potencial formativo con los fines perseguidos por la alfabetización científica en términos de las habilidades científicas.

Palabras clave: robótica, habilidades científicas, alfabetización científica, enseñanza de las ciencias, TIC.

Educational Robotics and its potential for the development of skills associated with scientific literacy

ABSTRACT

This paper has as main goal analyzing the potential of Educational Robotic (ER) in order to develop the scientific literacy skills, and more specifically the scientific thinking skills. On the other hand, in this paper we review the debate about the conceptualization of scientific literacy with particular emphasis in the ways of evaluating the scientific literacy level. Finally, it's related the Educational Robotics and its pedagogical potential with the goals of scientific literacy in terms of scientific skills.

Keywords: robotic, scientific skills, scientific literacy, science education, ICT.

Fecha de recepción : 23 de noviembre del 2012

Fecha de aceptación : 07 de diciembre del 2012

^a jonnhatan.garcia@umce.cl

^b Departamento de Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica (AC) involucra la capacidad de entender, tomar decisiones y aplicar el conocimiento científico de la ciencia al diario vivir, y constituye el principal objetivo de la enseñanza de las ciencias (American Association of Advancement of Science AAAS, 1993; National Research Council NRC, 1996). A su vez, la alfabetización científica es un proceso central en el desarrollo de las sociedades, existiendo razones tanto económicas como de movilidad social que invitan a fomentar y potenciar su desarrollo. Según diversos autores (Laugksch, 2000; OCDE; 1999; 2007), se plantea que la alfabetización científica de la población es un factor crucial para el desarrollo económico de un país, ya que la generación de valor agregado va acompañada de la generación de conocimiento científico, del desarrollo tecnológico y de la innovación. Ser alfabeto en ciencias involucra el manejo del lenguaje verbal oral, escrito, pero también el matemático, y al menos en algunos niveles, el físico, químico, biológico, tecnológico, etc. Estar alfabetizado en ciencias supone poder desempeñarse en muchos sistemas semióticos a la vez; también implica desempeñarse en una combinación de sistemas semióticos que confluyen de acuerdo al tipo de forma de hablar y pensar propia de la actividad científica. Según Bajtín (2002), la actividad científica es un género discursivo que moviliza una combinación de sistemas semióticos (habla, escritura, aritmética, álgebra, etc.) y

tipos discursivos (argumentativo, narrativo), conformando una estructura simbólica funcional particular.

Lo anterior conlleva a que la alfabetización científica no sólo involucra los aprendizajes curriculares en ciencias, sino que promueve el desarrollo de recursos cognitivos generales que facilitan la construcción flexible de conocimiento y el desarrollo de habilidades de pensamiento complejo (Kuhn, 2000). Alfabetizarse implica poder desplegarse de manera funcional en las actividades que los individuos deben realizar en su vida cotidiana. Así, según la OCDE (2004, 2007), el alfabetismo científico no sólo involucra el tener conocimientos científicos sino la capacidad de aplicarlos funcionalmente en el medio donde se desenvuelven las personas.

El objetivo de este artículo es analizar el potencial de la Robótica Educativa en el desarrollo de competencias relacionadas con la alfabetización científica. En el artículo se regresa la mirada hacia el debate sobre la conceptualización de la alfabetización científica poniendo particular énfasis en las formas en que se evalúa el grado de alfabetización. Por último, se conecta la Robótica Educativa y su potencial formativo con los fines perseguidos por la alfabetización científica en términos de las habilidades científicas.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONCEPTO DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Con el objeto de analizar cómo las diferentes definiciones e interpretaciones del concepto de AC impactan sobre el concepto mismo y la forma en que se evalúa, Laugksch (2000) plantea la existencia de cinco factores predominantes. Por una parte existen (i) grupos que comparten el interés por la promoción de la alfabetización científica con variaciones respecto del público destinatario o “audiencia” que forma su foco de atención. Esto implica que los grupos asumen cierta (ii) importancia y una finalidad específica a la alfabetización científica. Por tanto no sorprende que los grupos de interés se diferencien en el modo en que (iii) miden y evalúan la alfabetización científica. Así, por ejemplo, Laugksch (2000) identifica que el grupo de los sociólogos de la ciencia y los educadores de la ciencia que están interesados en observar cómo los individuos interpretan el conocimiento científico en su vida diaria, necesariamente emplean estudios interpretativos contextuales en pequeña escala. Ellos obtienen sus datos con enfoques cualitativos (estudio de caso, entrevistas estructuradas en profundidad, etc.).

Así mismo, Laugksch (2000) propone que los enfoques metodológicos asumidos por los grupos de interés necesariamente implican distintas (iv) conceptualizaciones de alfabetización científica. De esta forma, las interpretaciones y posiciones asumidas

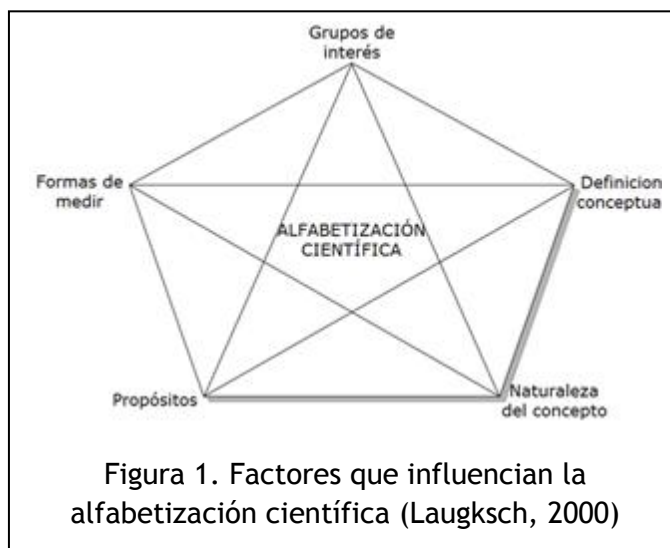


Figura 1. Factores que influyen la alfabetización científica (Laugksch, 2000)

definen dimensiones, niveles de comprensión o medios de actuar y pensar. Todo lo anterior se relaciona con la (v) naturaleza del concepto alfabetización científica y que Laugksch (2000) clasifica en tres categorías de acuerdo al nivel en que un sujeto es capaz de movilizar lo aprendido hacia tareas concretas.

Las tres categorías mencionadas, difieren respecto de la forma en que se define el cuerpo de conocimientos que debe ser aprendido (Figura 2). En la primera categoría propuesta por Laugksch (2000), “Aprendiz”, el contenido y las habilidades se definen tomando como referencia el cuerpo de conocimiento existente y el método de las ciencias naturales. La segunda categoría, “Competente”, se basa en un conjunto particular de conocimientos, habilidades, y actitudes compartidas, asociadas a un contenido concreto, y que se movilizan con el objeto de solucionar problemas específicos. En cambio la tercera categoría, “Jugar un rol en la sociedad”, se define tomando como

referencia al sujeto como un ciudadano, consumidor, etc., e intentando describir al sujeto en el medio en que se desenvuelve.

En esta última categoría, prácticamente se hace imposible estimar el grado de alfabetización de un individuo, y si se dispone de los medios, no existe evidencia convincente que revele el nivel que los sujetos evaluados realmente tienen (van Eijck y Roth 2010). De acuerdo con estos autores (van Eijck y Roth, 2010), el concepto de alfabetización científica se hace evidente en contextos que no son los escolares formales: “in the wild”. Por lo tanto, si el objetivo es investigar el fenómeno de AC en el medio, se debe buscar un acercamiento mayor a los informantes en situaciones lo más cercanas a la realidad del medio y observar cómo ocurre la toma de decisiones en aquella situación. En esta línea se han utilizado el registro de videos y el análisis de concordancia, como principales herramientas para intentar observar la alfabetización científica en el medio (Lundström, 2011; Lundström, Ekborg, y Ideland, 2012).

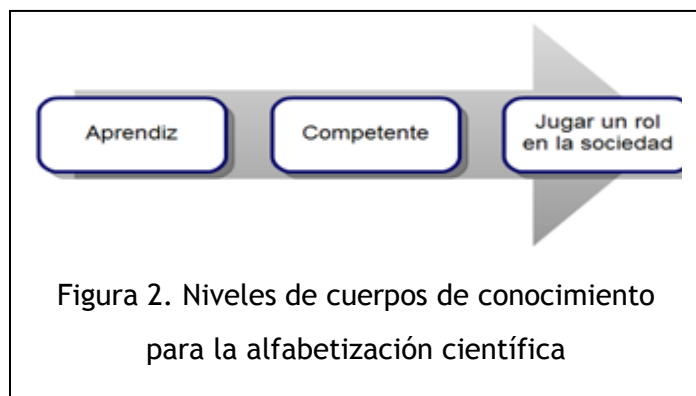


Figura 2. Niveles de cuerpos de conocimiento para la alfabetización científica

De esta forma, estimar el grado de alfabetización según estas categorías supone definir metas educativas medibles (p. ej., objetivos cognitivos y/o estándares). De las tres categorías discutidas en el párrafo anterior, en la primera y segunda categoría, se asume que la alfabetización científica es claramente un cuerpo de conocimiento establecido y que su aprendizaje es un resultado medible en las personas mediante una prueba escrita. Sin embargo, la tercera categoría implica que lo aprendido emerge cuando el ciudadano alfabetizado científicamente participa de las discusiones cotidianas respecto a la toma de decisiones en temas tecnocientíficos, es decir, se hace evidente, y queda de manifiesto en el entorno en que se desenvuelven los sujetos.

EVALUAR LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Entre las principales corrientes teóricas en que se enmarcan las evaluaciones de las competencias en ciencias y que se encuentran más ampliamente difundidas, la concepción cognitivista de la AC adquiere relevancia. A este respecto, la prueba PISA de la OCDE es la que mayor cobertura posee y es la que marca tendencia en la forma en que desarrollan dichas competencias.

La evaluación PISA en ciencias abarca un continuum de conocimiento científico y habilidades cognitivas asociadas a la indagación científica, e incorpora múltiples dimensiones en las relaciones entre la ciencia y la tecnología (OCDE 2009). Según ISEI-IVEI

(2011), PISA define la competencia científica como la capacidad para emplear el conocimiento científico, identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana produce en él. Sin embargo, las subescalas de la medición en ciencias de PISA, según lo establecido en PISA 2006 (OCDE, 2006), todavía son referidas como competencias científicas.

Diversos autores (Bybee, 1997; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer y Kumano, 2002) consideran que la evaluación de la capacidad que tienen los evaluados para utilizar el conocimiento científico representa una vía para estimar la AC en las personas. No obstante, a la hora de evaluar las competencias en ciencias interesan sobre todo aquellas cuestiones en las que el conocimiento científico puede realizar una aporte en los procesos de toma de decisiones en que se va a ver involucrado en el momento actual o en el futuro (ISEI-IVEI, 2011).

Desde la perspectiva cognitiva, aplicar los conocimientos científicos y tecnológicos disponibles de forma funcional involucra habilidades y también actitudes. A este respecto autores como Marzano y Kendall (2007), proponen una taxonomía de sistemas donde se da cuenta de las actitudes y habilidades: el Sistema de Conciencia del Ser que determina el grado de motivación al nuevo aprendizaje, el Sistema de

Metacognición que elabora el plan de acción, el Sistema de Cognición que procesa la información y, finalmente, el Dominio del Conocimiento que provee el contenido necesario. De hecho, se define la competencia científica como haciendo referencia a los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia, y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo (OCDE, 2007).

En este contexto, una competencia es algo más que conocimientos y habilidades (OCDE, 2003). El concepto de alfabetización científica en sí mismo, se refiere a una competencia global que comprende un conjunto de competencias científicas específicas. Esto incluye la capacidad de movilizar recursos cognitivos y no cognitivos en un contexto dado. De esta forma, cuando se habla de las dimensiones cognitivas de las competencias científicas específicas, se hace referencia a los i) conocimientos científicos pertinentes y ii) las habilidades demostradas por los evaluados. A este respecto, ¿cabría esperar

que un científico se encuentre alfabetizado científicamente en un alto grado? la respuesta a esta interrogante aun no está validada, pues, según sugieren algunos autores (van Eijck y Roth 2010), el contexto es crítico a la hora de estimar el nivel de AC que presentan los evaluados. Esto último dado que en algunos casos, especialistas científicos al momento de ser evaluados con pruebas escritas estandarizadas, han demostrado menores niveles de AC que los no especialistas.

ROBÓTICA EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

La Robótica Educativa es un área de la pedagogía que introduce en los procesos formativos algunos aspectos de la robótica y automatización de procesos como un elemento mediador para la consecución de aprendizajes. La Robótica Educativa cubre un conjunto de actividades que apoya principalmente las disciplinas ligadas a la enseñanza de las ciencias, puesto que, como veremos más adelante, articula favorablemente la triada Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS). No obstante, la Robótica Educativa ha sido empleada de forma transversal para desarrollar un conjunto de habilidades que se corresponden con aquellas requeridas para el siglo XXI, por ejemplo, para el razonamiento crítico (Sendag, et al., 2009) y la resolución de problemas (Wagner, 1998)

La robótica es intelectualmente rica (Barnes, 2002; Beer, Chiel, y Drushel, 1999; Chambers y Carbonaro, 2003; Flake, 1990; Flowers y

Gossett, 2002; García y McNeill, 2002; Klassner, 2002; Kumar, 2004; Nourbakhsh, 2000; Miglino et al, 1999; Resnick y Ocko, 1991; Shimbakuro, 1989; Wagner, 1998; Weinberg, White, Karacal, Engel, y Hu, 2005; Ringwood, Monaghan, y Maloco, 2005; Sargent, Resnick, Martin y Silverman, 1996) y diversas investigaciones que involucran a la robótica en el contexto educacional han mostrado que existe un efecto positivo en la motivación en el aula (Barker y Ansorge, 2007; Carbonaro, Rex, y Chambers, 2004; Gura, 2007; Nourbakhsh et al., 2005), como también la efectividad potencial de la robótica para impactar positivamente en el aprendizaje (Fagin y Merkle, 2003).

En general, diversos estudios demuestran que la robótica genera un alto grado de interés de los estudiantes y la participación en clases, y promueve el interés por las carreras de matemáticas y ciencias (Barnes, 2002; Robinson, 2005; Rogers y Portsmore, 2004). La robótica también promueve el aprendizaje de los principios científicos y matemáticos a través de la experimentación (Rogers y Portsmore, 2004), invita a la resolución de problemas (Barnes, 2002; Mauch, 2001; Nourbakhsh et al, 2005; Robinson, 2005; Rogers y Portsmore, 2004) y promueve el aprendizaje cooperativo (Beer et al, 1999; Nourbakhsh et al, 2005). A pesar de los beneficios positivos de instrucción y motivación que relatan estos estudios, estos también hacen notar la falta de reportes de investigación cuantitativa rigurosa.

Los robots involucran en una variedad de disciplinas. Un robot está hecho de partes componentes de motores, sensores y programas. Cada una de estas partes depende de diferentes campos del conocimiento tales como la ingeniería, la electrónica y la informática. Este carácter interdisciplinar de los robots significa que cuando los estudiantes aprenden a diseñar robots, inevitablemente, aprenden sobre las muchas otras disciplinas que utilizan la robótica (Papert, 1980; Rogers y Portsmouth, 2004). De la misma forma, enseñar a los estudiantes cómo construir robots les enseña que todas las partes de un sistema complejo interactúan y dependen unas de otras (Beer et al., 1999; Sullivan, 2008). Esta última es una habilidad requerida cualquier persona que necesite comprender sistemas complejos, sean en biología, ingeniería u otras áreas.

Por las características multidisciplinarias de la robótica y sus efectos sobre la motivación de los estudiantes, la robótica proporciona múltiples ventajas al momento de desarrollar contenidos y habilidades particulares. Respecto de los contenidos, la literatura reporta estudios asociados a desarrollo de contenidos de cinemática y dinámica, circuitos eléctricos, sistemas mecánicos, análisis y construcción de gráficos, sistemas complejos, algoritmos y resolución de problemas, diseño y arquitectura, entre otros. Respecto de las habilidades específicas, según Sendag y Odabasi (2009), habilidades de orden superior como resolución de problemas,

pensamiento creativo y pensamiento crítico son parte importante de las habilidades que pueden mobilizarse siempre que se genere un contexto adecuado mediante la robótica educativa. Así mismo, según Sullivan (2008), la resolución de problemas en robótica, como recurso didáctico, involucra cuatro de seis habilidades características de la alfabetización científica, estas son: computación, estimación, manipulación, y observación.

Con todo, epistemológicamente hablando, el diseño tecnológico es paralelo a la indagación en ciencias (NRC, 1996). Con esto los estudiantes, a través de la resolución de problemas en robótica, se ven involucrados en actividades de indagación científica a través del diseño tecnológico junto a las actividades de programación de los robots. Adicionalmente, según Haapasalo y Samuels (2011), la robótica proporciona un ambiente constructivista para el aprendizaje de conceptos matemáticos.

HABILIDADES CIENTÍFICAS Y ROBÓTICA EDUCATIVA

De acuerdo con los objetivos de las Bases Curriculares de Ciencias Naturales, tanto para enseñanza Básica como Enseñanza Media, el estudio de sus disciplinas implica un proceso de razonamiento lógico que incluye un conjunto de habilidades (ver tabla 1) entre las que se encuentran la formulación de hipótesis, inferir, predecir y obtener

conclusiones, entre otras¹¹. La adquisición progresiva de las habilidades de pensamiento científico están enfocadas a la alfabetización científica que, como ya se ha comentado, corresponde a la capacidad de aplicar en su ambiente cotidiano, en su vida ordinaria los conocimientos y habilidades que les permitan tomar decisiones informadas dentro de él y que afectan a su entorno familiar y comunidad.

En este plano, la relación entre alfabetización científica y la tecnología y, más específicamente, el uso de las Tecnologías Infocomunicacionales (TIC) adquiere un especial sentido. Las habilidades y conocimientos científicos promueven que los estudiantes apliquen conceptos en sus experiencias cotidianas, dentro de las cuales las TIC son un elemento frecuente y que requiere el desarrollo de destrezas específicas en el uso de las TIC, pues contribuye al desarrollo de habilidades propias de las Ciencias Naturales.

Diversas investigaciones han reportado que la Robótica Educativa requiere la utilización de habilidades relacionadas con la alfabetización científica tales como computación, estimación, manipulación y observación (Sullivan, 2008) Esto, pues las actividades centrales en Robótica incluyen la manipulación de herramientas, uso de computadores, sensores, estimación de variables, por mencionar algunas. Por

ejemplo, para diseñar, construir y programar un robot que realice un recorrido por un circuito con obstáculos, los estudiantes manipulan herramientas que incluyen piezas mecánicas, el software asociado, los sensores permiten capturar y transmitir los datos. Los estudiantes deben realizar medidas y realizar cálculos basados en las configuraciones de los sensores y estimar variables para poder escribir el programa que evalúa dichas variables. Con estos resultados en mano, los estudiantes observan los resultados y realizan los ajustes necesarios.

7. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Hasta aquí se ha planteado que la alfabetización científica es un concepto inherentemente social que puede ser evaluado dependiendo de la forma en que se defina el concepto. Las primeras aproximaciones para evaluar la alfabetización científica en las personas supone que es un fenómeno de orden cognitivo medible a través de una prueba escrita. Sin embargo, algunos autores cuestionan la posibilidad de tal medición (van Eijck y Roth, 2010). En este sentido, los aportes más relevantes en cuanto a dar aires frescos al debate en torno a la teorización del concepto de alfabetización científica, conciben la alfabetización científica como un concepto dinámico, situado y distribuido, que emerge cuando el ciudadano alfabetizado científicamente participa de las discusiones cotidianas respecto a la toma de decisiones en temas tecnocientíficos y que se manifiesta en

¹¹ <http://www.curriculum-mineduc.cl/>

el medio. Asumir esta última postura que da cuenta de la complejidad del fenómeno, implica abandonar el enfoque más pragmático que traza diseños curriculares para alfabetizar

en ciencias en términos de objetivos cognitivos, esto es, mediante la promoción de estándares basados en competencias y/o habilidades científicas. No obstante lo

Habilidades Científicas definidas por MINEDUC¹

Analizar	Estudiar los objetos, informaciones o procesos y sus patrones a través de la interpretación de gráficos, para reconocerlos y explicarlos, con el uso apropiado de las TIC
Clasificar	Agrupar objetos o eventos con características comunes según un criterio determinado
Comparar	Examinar dos o más objetos, conceptos o procesos para identificar similitudes y diferencias entre ellos
Comunicar	Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos, TIC, entre otras
Evaluar	Analizar información, procesos o ideas para determinar su precisión, calidad y confiabilidad.
Experimentar	Probar y examinar de manera práctica un objeto o un fenómeno
Explorar	Descubrir y conocer el medio a través de los sentidos y del contacto directo, tanto en la sala de clases como en terreno
Formular Preguntas	Clarificar hechos y su significado por medio de la indagación. Las buenas preguntas centran la atención en la información importante y se diseñan para generar nueva información
Investigar	Conjunto de actividades por medio de las cuales los alumnos estudian el mundo natural y físico que los rodea. Incluye indagar, averiguar, buscar nuevos conocimientos y, de esta forma, solucionar problemas o interrogantes de carácter científico
Medir	Obtener información precisa con instrumentos pertinentes (regla, termómetro, etc.)
Observar	Obtener información de un objeto o evento a través de los sentidos
Planificar	Elaborar planes o proyectos para la realización de una actividad experimental.
Predecir	Plantear una respuesta sobre cómo las cosas resultarán, sobre la base de un conocimiento previo
Registrar	Anotar y reproducir la información obtenida de observaciones y mediciones de manera ordenada y clara en dibujos, ilustraciones científicas, tablas, entre otros
Usar instrumentos	Manipular apropiadamente diversos instrumentos, conociendo sus funciones, limitaciones y peligros, así como las medidas de seguridad necesarias para operar con ellos
Usar modelos	Representar seres vivos, objetos o fenómenos para explicarlos o describirlos; estos pueden ser diagramas, dibujos, maquetas. Requiere del conocimiento, de la imaginación y la creatividad.

Fuente: MINEDUC, 2012.

anterior, existe consenso respecto de que la AC debe promover el desarrollo de competencias específicas que permitan a los sujetos tomar decisiones contextualizadas.

La robótica en el contexto educativo presenta importantes ventajas en el contexto de las nuevas tecnologías: afecta de forma positiva a la motivación, es flexible respecto del contenido a abordar, proporciona un ambiente constructivista para el aprendizaje, permite abordar problemas concretos y muy contextualizados para el desarrollo de habilidades científicas de complejidad diversa.

Finalmente, la evaluación de las actividades en torno a la robótica educativa debe dar cuenta de los objetivos asociados al tipo y nivel de conocimiento, las habilidades científicas requeridas y el nivel de procesamiento cognitivo involucrado. Adicionalmente, debería intentar dar cuenta, idealmente, del contexto en que se desarrollan dichas actividades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association for the Advancement of Science AAAS. (1993). Benchmarks for science literacy. New York: Oxford Press.
- Bajtín, M. (2002) “El Problema de los Géneros Discursivos”. En *Estética de la Creación Verbal*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Barker, B., Ansorge, J. (2007). Robotics as Means o Increase Achievement Scores in an Informal Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229-243.
- Barnes, D. J. (2002). Teaching introductory Java through Lego Mindstorms models. SIGCSE'02 Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer Science education, 147-151.
- Beer, R.D., Chiel, H.J., Drushel, R.F. (1999). Using autonomous robotics to teach science and engineering. *Magazine Communications of the ACM*, 42, 85-92. New York, USA
- Bybee, Rodger W. "Towards an understanding of scientific literacy." *Scientific Literacy*. Kiel: IPN (1997): 37-68.
- Carbonaro, M.; Rex, M.; Chambers J. (2004). Using LEGO robotics in a project-based learning environment. *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning* 6, 1. [en línea]. Disponible en <http://imej.wfu.edu/articles/2004/1/02/index.asp#7> [Consulta 01/08/2012]
- Chambers, J.M., Carbonaro, M. (2003). Designing, developing, and implementing a course on Lego robotics for technology teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 11, 209-241.
- Fagin, B.; Merkle, L. (2003). Measuring the effectiveness of robotics in teaching computer science. Proceedings of the 34rd SIGCSE technical symposium on computer science education. [en línea]. Disponible en <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=611994&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=11715560&CFTO KEN=40703716> [Consulta 10/08/2012]
- Fensham, P.J. (2000), “Time to change drivers for scientific literacy”, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, Vol. 2, pp. 9-24.
- Flake, J. (1990). An exploratory study of Lego logo. *Journal of Computing in Childhood Education*, 1, 15-22.
- Flowers, T.R., Gossett, K.A. (2002). Teaching problem solving, computing, and information technology with robots. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 17, 45-55.
- Garcia, M.; McNeill, H. (2002), Learning how to develop software using the toy LEGO mindstorms, In Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education, ACM.

- Gura, M. (2007). Student Robotic Classroom Robotics: Case Stories of 21st Century Instruction for Millennial Students (pp. 11-31). Charlotte: Information Age Publishing.
- Haapasalo, L., Samuels, P. (2011). Responding to the challenges of instrumental orchestration through physical and virtual robotics. *Computers y Education*, 57, 1484-1492.
- Klassner, F. (2002). A case study of LEGO Mindstorms™ suitability for artificial intelligence and robotics courses at the college level. *ACMSIGCSE Bulletin*, 34, 8-12.
- Klassner, F., Andreson, S. (2003). LEGO mindstorms: Not just for K-12 anymore. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 10(2), 12-18.
- Kumar, A. (2004). Three years of using robots in an artificial intelligence course: lessons learned. *Journal on Educational Resources in Computing*, 4, 1-15.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive Development. En *Current Directions in Psychological Science* 9: 177-181.
- Laugksch, R.C. (2000). Scientific literacy. *Science Education*, 84(1), pp. 71-94.
- Law, N. (2002), Scientific literacy: Charting the terrains of a multifaceted enterprise, *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, No 2, pp. 151-176.
- Lundström, M. (2011). Decision-making in helth issues. Teenagers use of science and other discourses. [en línea]. Disponible en <http://dspace.mah.se/> [Consulta 01/08/2012]
- Lundström, M., Ekborg, M., y Ideland, M. (2012). To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision. *Cultural Studies of Science Education*, 7(1), 193-221. doi: 10.1007/s11422-012-9384-4.
- Marzano, R. J., & Brown, J. L. (2009). *A handbook for the art and science of teaching*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marzano, R. J. (2007). *The art and science of teaching: A comprehensive framework for effective instruction*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marzano, R. J.; Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives*.
- Marzano, R. J. (2001). Designing a new taxonomy of educational objectives. *Experts in Assessment Series*, Guskey, T. R., & Marzano, R. J. (Eds.). Thousand Oaks, CA: Corwin
- Marzano, R. J., & Pickering, D. J. (with Arredondo, D. E., Blackburn, G. J., Brandt, R. S., Moffett, C. A., Paynter, D. E., Pollock, J. E., & Whisler, J.). (1997). *Dimensions of learning: Teacher's manual* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Mauch, E. (2001). Using technological innovation to improve the problem solving skills of middle school students. *The Clearing House*, 75(4), 211-213.
- Mayer, V.J. and Y. Kumano (2002), "The Philosophy of Science and Global Science Literacy", in V.J. Mayer (ed.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Miglino, O., Lund, H.H., Cardaci, M. (1999). Robotics as an educational tool. *Journal of Interactive Learning Research*, 10, 25-48.
- MINEDUC. (2004). *La Educación Chilena en el Cambio de Siglo: Políticas, Resultados y Desafíos*. Informe nacional de Chile, Oficina Internacional de Educación. Unesco.
- MINEDUC. (2009) ¿Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile? Nuevos análisis y perspectivas sobre los resultados en PISA 2006.
- National Research Council NRC. (1996). *The National Science Standards*. [en línea]. Disponible en <http://www.nap.edu/readingroom/books/nse>. [Consulta 01/08/2012]
- Nourbakhsh, I. R., Crowley, K., Bhave, A., Hsium, T., Hammer, E., y Perez-Bergquist, A. (2005). The robotic autonomy mobile robotics course: Robot design, curriculum design and educational assesment. *Autonomous Robots*, 18(1), 103-127.
- Nourbakhsh, I.R. (2000). Robots and education in the classroom and in the museum: On the study of robots, and robots for study. *Proceedings of workshop for personal robotics for education, institute of electrical and electronic engineers, international conference on robotics and automation, Salt Lake, Utah*.
- OCDE, (1997), *National Innovation System*.
- OCDE (1999a). *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*.
- OCDE, (1999b). *Managing National Innovation Systems*.
- OCDE. (2000a). *Literacy in the Information Age: Final Report of the International Adult Literacy Survey*.
- OCDE (2000b). *Measuring student knowledge and skills: The PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*.
- OCDE. (2001). *Literacy Skills for the World of Tomorrow. Further Results from PISA 2000*. Institute for Statistics, UNESCO.
- OCDE, (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*.
- OCDE (2004). *Marcos Teóricos de PISA 2003: La Medida de los Conocimientos y Destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Resolución de Problemas*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Nacional de Evaluación del Sistema Evaluativo (INECSE).
- OCDE, (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World, Vol. 1*. Pág. 16.
- OCDE, (2009a). *PISA 2009 Assessment Framework - Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*.
- OCDE, (2009b). *PISA 2006 Technical Report*.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc.

- Resnick, M.; Ocko, S. (1991). LEGO/logo: Learning through and about design. In I. Harel y S. Papert (Eds.) *Constructionism* (pp. 141-150). Norwood, NJ: Ablex.
- Ringwood, J.V.; Monaghan, K.; Maloco, J. (2005). Teaching engineering through Lego Mindstorms. *European Journal of Engineering Education*, 30, 91-104.
- Robinson, M. (2005). Robotics-driven activities: Can they improve middle school science learning? *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25(1), 73-84.
- Rogers, C.; Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3, 4), 17-28.
- Sargent, R., Resnick, M., Martin, F., y Silverman, B. (1996). Building and learning with programmable bricks. In Y. Kafai y M. Resnick (Eds.), *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world* (pp. 161-173). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sendag, S., y Odabasi, F. (2009). Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. *Computers y Education*, 53, 132-141.
- Shimbakuro, G. (1989). A class act: Junior high student lego and logo. *The Computing Teacher*, 16, 37-39.
- Sullivan, F. (2007). Robotics and Science Literacy: Thinking Skills, Science Process Skills and Systems Understanding. *Journal of Researching In Science Teaching*, 45, 3, 373-394 (2008).
- van Eijck, M.; Roth, W. M. (2010). Theorizing scientific literacy in the wild. *Educational Research Review*, 5(2), 184-194.
- Wagner, S.P. (1998). Robotics and children: Science achievement and problem solving. *Journal of Computing in Childhood Education*, 9, 149-165.
- Weinberg, J., Engel, G., Gu, K., Karacal, C., Smith, S., White, W., y Yu, X. (2001). A multidisciplinary model for using robotics in engineering education. In *ASEE annual conference proceedings, 2001*. American Society for Engineering Education.
- Weinberg, J.B., White, W.W., Karacal, C., Engel, G., & Hu, A.P. (2005). A multidisciplinary teamwork in a robotics course. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37, 446-450.