

## **Urgencia de transformar la educación en ciencias en Argentina**

## **Urgência de Transformar a Educação em Ciências na Argentina**

## ***The Urgent Need Of A Science Education Reform In Argentina***

**Norma Sbarbati Nudelman \***

En un futuro cercano, los niños y jóvenes de hoy serán los responsables de tomar decisiones y de promover y reforzar pautas para un desarrollo sustentable a nivel global. Frente a la urgencia de este desafío, científicos muy prestigiosos, incluidos varios Premios Nobel, se han comprometido fuertemente en lograr un cambio radical en la educación en ciencias a través de la promoción de la educación basada en la evidencia experimental, con la cual el alumno construye sus propios conocimientos. Con esta pedagogía, el estudiante adquiere las habilidades y competencias que requiere el mundo laboral moderno: creatividad; espíritu crítico; comunicación; trabajo en equipo; colección, registro y discusión de evidencias; solución de problemas; argumentación; iniciativa personal; aprendizaje colaborativo; solidaridad, emotividad; capacidad multi-tareas; flexibilidad; y liderazgo. Dado el carácter universal de la ciencia, su dominio y comprensión son muy valiosos en la búsqueda de un lenguaje común y en la construcción de una paz duradera entre los pueblos y del desarrollo sustentable para todo el planeta.

161

**Palabras clave:** educación en ciencias, transformación educativa, promoción social, habilidades innovadoras en el mercado laboral

---

\* Profesora titular plenaria en la Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina. Investigadora superior del CONICET. Presidenta de la Comisión de Educación de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN). Miembro del *IAP SEP Global Council Board (Inter-Academic Partnership Science Education Program)*. Correo electrónico: nudelman@qo.fcen.uba.ar.

Em um futuro próximo, as crianças e jovens de hoje serão responsáveis pela tomada de decisões e pela promoção e reforço de orientações para um desenvolvimento sustentável global. Diante da urgência deste desafio, cientistas muito prestigiosos, incluídos vários Prêmios Nobel, comprometeram-se firmemente para atingir uma mudança radical na educação em ciências através da promoção da educação baseada na evidência experimental, com a qual o aluno constrói seus próprios conhecimentos. Com esta pedagogia, o estudante adquire as habilidades e competências requisitadas pelo mundo do trabalho moderno, entre elas: criatividade; espírito crítico; comunicação; trabalho em equipe; coleta, registro e discussão de evidências; solução de problemas; argumentação; iniciativa pessoal; aprendizagem colaborativa; solidariedade; emotividade; capacidade multitarefas; flexibilidade; e liderança. Em virtude do caráter universal da ciência, seu domínio e compreensão são muito valiosos na procura de uma linguagem comum e na construção de uma paz duradoura entre os povos e do desenvolvimento sustentável para todo o planeta.

**Palavras-chave:** educação em ciências, transformação educacional, promoção social, habilidades inovadoras no mercado de trabalho

*In the near future, children and teenagers will be in charge of making decisions, promoting and reinforcing guidelines for a global sustainable development. In facing this pressing challenge, prestigious scientists, including several Nobel laureates, have strongly committed to a radical change in science education through the promotion of experimental-evidence-based education where the students build their own knowledge. With this approach, the student develops skills and competencies required in today's labor market such as: creativity; critical thinking; communication; team work; evidence collection, recording and discussion; problem solving; debate; personal initiative; collaborative learning; solidarity; an emotional nature; a multi-tasking capacity; flexibility; and leadership. Given the universal nature of science, being fluent in it is invaluable in the search for a common language, in the building of a true and lasting peace and in creating a sustainable development for the world as a whole.*

**Key words:** science education, education reform, social promotion, innovative skills in the labor market

## 1. Retos actuales

El creciente aumento demográfico y el explosivo desarrollo de conflictos en distintas localidades del planeta interpela fuertemente a los científicos, educadores, tecnólogos, productores y a todos en general frente a desafíos globales como:

- a) el incremento de la población mundial, estimado en 9000 millones de personas para 2030. Esto implicará buscar y lograr innovadores desarrollos científico-tecnológicos para cubrir necesidades básicas, tales como: seguridad alimentaria, salud, acceso al agua potable, energía y agricultura sustentable, entre otras.
- b) los 17 objetivos globales establecidos en setiembre de 2015 por las Naciones Unidas para el período 2016-2030, entre los cuales pobreza, salud, educación de calidad para todos, equidad de género y acceso a la capacitación para lograr un empleo digno, entre otros, ponen el foco en desafíos esenciales para la educación en ciencias (UNESCO, 2015).
- c) el lema de “Erradicar la pobreza” de la Cumbre de Rio+20, que fue suscrito por 120 academias de ciencia que destacaron el rol de la ciencia, la tecnología y la innovación para lograr esos propósitos (Letter, 2013).
- d) la COP21 (París, 2015), que reconoció que el cambio climático de origen antropogénico requiere la adopción de medidas urgentes de mitigación y destacó la educación como un elemento clave de sensibilización social
- e) el Taller sobre Desarrollo Sustentable en la Academia Pontificia de Ciencias realizado en noviembre de 2015, que definió el lema “Los niños como agente de cambio” (PAS, 2015) para producir el imperioso cambio radical de hábitos y conducta social, para lo cual es crucial la educación en las escuelas desde el nivel inicial.
- f) el Foro de Políticas de Alto Nivel (HLPF) convocado por Naciones Unidas en Nueva York (ONU, 2016), que señaló como un mandato clave para los gobiernos de todos los países miembros reforzar la interfase con la ciencia para adoptar políticas adecuadas al ciudadano actual.

163

Estos son sólo unos pocos desafíos globales que los principales actores en este mundo globalizado han señalado como de urgente atención por la sociedad toda. Es imprescindible elaborar y proponer políticas de ciencia y tecnología, tanto a nivel nacional como regional, para abordar cada uno de esos y otros retos que surgen a diario. Dialogar sobre las distintas formas de alcanzar desarrollos sustentables se torna imperioso. En este contexto, urge modificar la educación en ciencias, para que los niños y jóvenes de hoy entiendan claramente esos desafíos ya que serán los responsables de mantener y promover pautas para un desarrollo sustentable en un futuro cercano y a nivel global.

## 2. Compromiso de los científicos

El explosivo desarrollo de las ciencias y las tecnologías de las últimas décadas ha creado una brecha cada vez mayor entre quienes tienen acceso a ellas y otras comunidades menos privilegiadas. Los niños que han nacido en las primeras décadas

del siglo XXI deberán asumir un futuro con enormes desafíos en los que ellos tendrán las principales responsabilidades entre 2030 y 2060. Quienes formamos parte de la comunidad científico-académica actual deberíamos contribuir a preparar mejor su camino para prevenir muchos de los problemas que ellos deberán resolver con urgencia cuando asuman el liderazgo de sus países y sociedades (Nudelman, 2014).

Mucho se habla en la actualidad del desarrollo sustentable, e importantísimos avances científico-tecnológicos se están haciendo con estos objetivos. Por eso es tan urgente producir un cambio radical en la forma de educación en ciencias: no podemos seguir utilizando metodologías del siglo XIX con los niños y jóvenes de este siglo. Vale la pena conocer los aportes recientes de las neurociencias con respecto a la educación (Battro, 2011) y la lectura de varios capítulos dedicados a la urgencia de este cometido para construir un desarrollo sustentable (Robinson, 2013).

Se ha calculado que, en la mitad del siglo XXI, la población del planeta alcanzaría unos 2000 millones más de seres humanos que el número de habitantes que viven actualmente. Es evidente que esto resultará en enormes demandas de alimentos, de agua potable, de energía y de todo lo que implica otorgar a esos seres humanos la posibilidad de una vida digna y útil. Muchos pensamos que el verdadero cambio de conducta que lleve a una civilización sustentable, debe nacer desde “abajo hacia arriba”, para que sea perdurable, y para ello la educación es esencial (PAS, 2015). Cuando el niño y el joven entienden las bases científicas de cada una de las recomendaciones, se les hace más fácil internalizarlas y adoptarlas.

164

Recordemos que el 25 de septiembre de 2015, 196 líderes mundiales se comprometieron con 17 objetivos globales para lograr tres metas extraordinarias en los próximos 15 años: erradicar la pobreza extrema, combatir la desigualdad y la injusticia y solucionar el cambio climático. Si en todas las escuelas del mundo los niños aprenden acerca de estos objetivos, los ayudaremos a convertirse en la generación que cambió el mundo (ONU, 2015). Es meritorio también, en este contexto, recordar una frase de Engelman (2013): “No parece tener mucho sentido pararse a analizar nuestros sentimientos viscerales sobre el futuro cuando podemos armar el hombro para asegurar que el mundo siga sustentando vida”.

### **3. Por qué es imperioso “transformar la educación en ciencias”**

El mundo laboral requiere muchas habilidades y competencias: creatividad; espíritu crítico; comunicación; trabajo en equipo; colección, registro y discusión de evidencias; exploración de preguntas; solución de problemas; argumentación; iniciativa personal; aprendizaje colaborativo; solidaridad; emotividad; capacidad multi-tareas; flexibilidad; liderazgo (GTS, 2016). Los distintos aspectos involucrados en la pedagogía de educación en STEM basada en la indagación y la evidencia experimental (IBSE) desarrollan las habilidades y competencias que se requieren para ingresar al actual mercado laboral (Nudelman, 2015).

Los jóvenes están constantemente expuestos a fuentes de información muy variadas y abundantes y deben ser capaces de examinar ese manantial de noticias

de todo tipo con un sentido crítico y bien informado, a fin de poder opinar y tomar decisiones responsablemente. No obstante, los maestros usualmente se quejan por la falta de interés en ciencia de sus alumnos; y a su vez muchas encuestas revelan que los estudiantes encuentran que la ciencia que le enseñan en la escuela no es relevante para ellos, no les interesa o les resulta aburrida. Niños y jóvenes están absolutamente fascinados por los avances tecnológicos de los que pueden disfrutar a diario (televisión, computadoras, teléfonos celulares, wifi, videojuegos, tablets) y hacen un intensivo uso de ellos, pero no encuentran que la enseñanza de ciencia que reciben en la escuela esté conectada con temas de su vida diaria. Para revertir esta falta de interés de los estudiantes con los conceptos de la ciencia y la tecnología, muchos científicos están colaborando actualmente con los educadores para promover el entusiasmo de niños y jóvenes en descubrir la fascinación de la ciencia, capacitándolos con los desarrollos en STEM más recientes. Las ciencias cognitivas y de la salud proporcionan hoy una mejor comprensión de la forma en que los niños crecen. Desde el nacimiento hacia adelante, desarrollan sus capacidades cognitivas para leer y escribir, pero también para razonar y desarrollar sus sentidos emocionales y empatía. Es imperioso tener presente estos hallazgos para modificar radicalmente la forma de enseñar (Nudelman, 2014).

Los recientes aportes de las neurociencias demuestran la plasticidad del cerebro humano (Battro, 2011) y su capacidad para emprender múltiples acciones, incluyendo la muy desarrollada habilidad digital en los niños y jóvenes. Esto impone cambios radicales en la educación y particularmente en la educación en STEM, que suele ser particularmente obsoleta. Numerosos congresos mundiales se están celebrando para abrir nuevos horizontes de innovación para la educación en ciencias (WISE, 2014; *STEM Education*, 2014) y su impacto en el desarrollo de los países. Se hace imperioso un cambio radical en la manera de enseñar ciencias; por eso hablamos de “educación en ciencias” en vez de “enseñanza de las ciencias”.

165

#### 4. Economía basada en el conocimiento

Está ampliamente reconocido el rol que juega el conocimiento científico-tecnológico en la actualidad y en la necesidad “de la investigación y la docencia abierta a la sociedad y sus demandas, así como a sus expresiones culturales” (Albornoz, 2014). Se habla mucho también de la “economía basada en el conocimiento” y por ello no sorprende el fuerte impacto sobre el desarrollo de la mejora de la educación en ciencias, que han producido decisiones económicas de alto nivel. Por ejemplo, en 2010 la *U.S. National Science Foundation*, la mayor agencia financiadora de proyectos de los Estados Unidos, le dio un fuerte impulso a esta iniciativa estableciendo que en adelante no se apoyará ningún proyecto de investigación científica que no muestre una contribución efectiva a la sociedad y su conexión con los educadores en ciencia. También la Unión Europea exige para los proyectos una dimensión social. En particular, el Programa HORIZON 2020 tiene como objetivos la construcción de capacidades y el desarrollo de formas innovadoras de conectar la ciencia con la sociedad. Es una prioridad del programa hacer la ciencia más atractiva para los jóvenes, incrementar el interés de la sociedad por la innovación y abrir nuevas actividades de investigación e innovación. Por otro lado, el *Higher Education*

*Funding Council* del Reino Unido anunció que a partir de 2013 no se financiará ningún proyecto que no demuestre claramente su beneficio a la sociedad y la cultura.

Dentro de este contexto, bien cabe destacar algunos hitos recientes vinculados a nuestra región. Así, la Cátedra del Diálogo y de la Cultura del Encuentro (CDCE, 2016) advierte que el sistema de educación está “obsoleto” porque ya no aporta la calidad del servicio que la sociedad espera y, con la Fundación Panamericana para el Desarrollo de Altos Estudios, convoca a debatir sobre el tema “Educación, diálogo e innovación: el desafío de pensar nuevos mundos educativos”. En la convocatoria, la cátedra llama a dejar de lado “una escuela creada para disciplinar homogéneamente a las masas”, gestada en el siglo XIX y que “atiende a un sujeto que literalmente se aburre”, lo que deriva en “fracasos escolares”, y propone promover “un paradigma integral para la formación de las personas” del siglo XXI, donde se combinen “la creatividad, el juego, el arte y la ciencia” para alcanzar un nuevo mundo educativo.

#### **4.1. Educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática (STEM) en el siglo XXI**

La Reforma de la Educación en STEM comenzó a desarrollarse en los albores del nuevo milenio en varios países del Hemisferio Norte casi simultáneamente, por recomendación de científicos muy reconocidos, incluyendo varios premios Nobel en ciencias. En los Estados Unidos, por ejemplo, la reforma fue liderada por la *National Academy of Science* y el *Smithsonian Institute*, que implementaron el Programa LASER (*Leadership and Assistance for Science Education Reform*), en el cual se invierten muy importantes fondos y se han logrado resultados muy alentadores. Es importante también la colaboración de las universidades de reconocido prestigio en STEM; así, los científicos senior estimulan a muchos de sus jóvenes investigadores para que se involucren en esta campaña.

A comienzos de este siglo, Bruce Alberts (entonces presidente de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos y luego asesor de Barack Obama en asuntos de ciencia y técnica) y otros científicos prestigiosos iniciaron una fuerte campaña para lo que se dio en llamar *Science Education Reform*. La campaña se extendió por varios estados, se abrieron centros para apoyo a la docencia, y se promovió a los jóvenes graduados que estaban haciendo investigación en distintas universidades para obtener su doctorado para que colaboraran en las escuelas con la educación en ciencias (Lok, 2010).

Casi simultáneamente, Georges Charpak (Nobel de física), Pierre Léna e Yves Quéré, investigadores de la Academia de Ciencias de Francia, desarrollaron una metodología llamada *La Main a la pate* (“Las manos a la masa”). Luego de muchos intentos, lograron convencer al Ministerio de Educación francés sobre la urgente necesidad de cambiar la forma tradicional de enseñanza (muy bien descrita en Charpack, Léna y Quéré, 2006), lo cual es también avalado por los recientes avances en neurociencias y su conexión con la educación (Battro *et al.*, 2008). Con esta nueva pedagogía, los estudiantes desarrollan sus propias ideas mediante un aprendizaje basado en la experimentación y así construyen su conocimiento sobre las leyes y fenómenos del mundo natural. De cierta manera, usando las destrezas empleadas

por los científicos, tales como hacerse preguntas, construir hipótesis, obtener datos, razonar y revisar evidencias a la luz de lo conocido, van sacando conclusiones, discutiendo resultados y construyendo nuevos conocimientos. Este proceso de aprendizaje es el fundamento de la pedagogía basada en la indagación, donde el término pedagogía significa no solamente la enseñanza, sino también su justificación fundamental (Harlen, 2012). De manera tal que no solamente es lo que se enseña (el contenido), que puede ser obsoleto, sino también la metodología de la enseñanza tradicional, que suele resultar muy poco atractiva para el estudiante y escasamente eficaz para el aprendizaje. Genéricamente, en muchos países se ha llamado a esto *Inquiry Based Science Education* (IBSE/ECBI).

Existen fuertes evidencias de que los resultados obtenidos con esta metodología innovadora de educación en ciencias son distintos a los obtenidos con la enseñanza tradicional: lo que el niño o el joven aprenden “haciendo ciencia” de forma experimental no lo olvidan fácilmente, como suele ocurrir con lo que reciben en una clase expositiva. Un informe de investigación publicado por la *National Academy of Science* (PNAS, 2016) revela cómo los puntajes promedio de estudiantes en exámenes de asignaturas STEM mejoraron un 6% en sesiones de aprendizaje activo y que los estudiantes que tomaron clases con docencia tradicional tuvieron 1,5 veces más probabilidades de fracasar. Éste es el meta-análisis más grande publicado hasta la fecha sobre educación de pregrado en STEM. Los resultados del aprendizaje activo son tan contundentes que se cuestiona la validez de seguir utilizando grupos de control bajo aprendizaje tradicional al realizar investigaciones, ya que de alguna manera se priva a estos últimos de implementar rápidamente la reforma tan necesaria.

167

A modo de ejemplo, vale citar también una evaluación reciente realizada por el *Science Education Center* del *Smithsonian Institute* (SSEC) a pedido del gobierno de los Estados Unidos. Se escogió una cohorte de 9000 estudiantes pertenecientes a escuelas de cuatro estados con niveles socio-económicos muy diversos y, en muchos casos, pertenecientes a comunidades donde el inglés no es el idioma nativo. A los efectos estadísticos, se conservó una población de control y la otra se evaluó por tres años durante los cuales se capacitó a los maestros en IBSE. En el resumen ejecutivo del estudio se indican claramente los mejores logros obtenidos por la población IBSE. Es muy interesante observar que no solamente se obtuvieron mejores resultados en temas de ciencia, sino también en matemáticas, en comprensión lectora y hasta en el aprendizaje del idioma extranjero, para aquellos alumnos que no eran nativos en inglés (LASER, *Executive Summary*, SSEC, 2016).

#### **4.2. Educación en STEM basada en la evidencia experimental (EBSTEME)**

Es un término recientemente acuñado por Dato Lee Yee Cheong, actual Presidente del Programa de Educación en Ciencias del IAP SEP (*Inter-Academic Partnership Science Education Program*). Quizá este nuevo término se adapte mejor a nuestra idiosincracia que el original IBSE/ECBI; podríamos utilizar las siglas EBSE (*Evidence Based Science Education*) para referirnos a la educación en ciencias basada en la evidencia experimental. Es necesario recordar que toda vez que nos referimos a la educación en ciencias en este artículo estamos involucrando las cuatro disciplinas

englobadas en STEM (por sus siglas en inglés): ciencia, tecnología, ingeniería y matemática.

¿Qué es el IAP? Originariamente llamado Inter-Academic Panel, se fundó en 2003 con el objetivo de promover a nivel global una radical transformación de la educación en ciencias en todos los niveles. Gracias a la fundación del IAP, la reforma educativa se extendió a muchísimos países de Europa y América y a algunos de Asia y Oceanía. Recientemente, el IAP ha modificado su nombre a *Inter-Academic Partnership* y en la actualidad nuclea a más de 140 academias de ciencia. Por su Programa de Educación en Ciencias (IAP-SEP), el IAP compromete fuertemente a las academias de ciencias adheridas a contribuir al mejoramiento de la educación en ciencia en todos los niveles, particularmente desde el nivel primario. En el IAP confluyen las cinco regiones en que se ha dividido el planeta y se establecieron cinco redes. IANAS (*Inter-American Network of Academies of Science*) es la red para las Américas. Desde 2004 tiene su programa de educación en ciencias, del que al principio participaron Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Venezuela, y luego se fueron agregando otras academias. Al presente, en IANAS-SEP hay 22 academias de ciencia involucradas.

Un fuerte impacto en la región se produjo con un apoyo financiero logrado a través de OEA-FEMCIDI, por el cual muchos países latinoamericanos pudieron comenzar la capacitación de maestros y la implementación de ECBI (educación en ciencias basada en la indagación) en las escuelas. Cabe comentar un reciente estudio realizado en la región sobre la percepción de los profesores de enseñanza media sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología, realizado en la ciudad de San Pablo, Brasil. En dicho estudio se comparan las prácticas pedagógicas de los profesores a la luz de un índice denominado “Indicador de consumo de información científica”. Los resultados muestran una estrecha relación entre el índice de consumo de información científica por parte de los profesores y la práctica que éstos realizan de actividades pedagógicas potencialmente capaces de despertar el gusto por la ciencia y el quehacer científico en los estudiantes (Coelho, 2016). Cabe también destacar el reciente dossier publicado en la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, que presenta las principales contribuciones al V Seminario iberoamericano CTS bajo el título “Nuevos Desafíos Sociales en la Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología” (CTS, vol. 10, n° 33). La presentación de este monográfico comenta los movimientos de renovación pedagógica e iniciativas como STEM que intentan incorporar la matemática a la enseñanza de las ciencias (el dossier incluye también un muy interesante artículo sobre como estimular la educación en ingeniería) y se inicia con “un vehemente llamamiento a que desde la educación se inicie un cambio que penetre en toda la sociedad” (Toscano, Martín Gordillo y Restrepo, 2016).

Avanzando sobre otras regiones del planeta, Yee Cheong ha realizado un considerable esfuerzo para convocar a muchos países de Asia y África que hoy están desarrollando sus Programas EBSE a distintos niveles de desarrollo. Es también muy encomiable la gran diseminación de esta metodología llevada a cabo por la Fundación LAMAP (*La main a la pate*), que desarrolla talleres en muchos países asiáticos y africanos y colabora así en la implementación de esta metodología en las escuelas. Un reciente proyecto llamado AEMASE (África, Europe, *Mediterranean*



*Science Education*) está especialmente abocado a la cooperación entre los países involucrados en el programa para implementar cuanto antes la reforma de la educación en ciencias, particularmente en países carenciados. Fuertemente liderado por la Academia de Ciencias de Francia (y la Fundación LAMAP), así como también otras academias europeas, propone el “padrinazgo” entre un país europeo y otro africano para colaborar en este programa binacional. Ya se han realizado dos AEMASE (el primero en la Academia dei Lincei, Italia) y el AEMASE II en la Academia de Ciencias de Senegal, de donde han surgido interesantes acuerdos de cooperación binacional.

### **4.3. Educación en STEM basada en la indagación y la evidencia experimental en Argentina**

A partir del taller sobre IBSE que tuvo lugar en Santiago de Chile, la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN) de Argentina comenzó a colaborar en 2004 con el grupo de Ciencias Naturales del Ministerio de Educación (ME) de la Nación, mediante el dictado de charlas y talleres para entrenar a los maestros del nivel primario. En 2006, el ME discontinuó estas actividades, por lo cual la ANCEFN, en cumplimiento de su compromiso con IANAS, propuso un programa de ECBI llamado HaCE (“Haciendo Ciencia en la Escuela”).

En sus inicios, fue esencial la colaboración de la Academia de Ciencias de Francia, que, a través de un convenio firmado entre ambas academias y el ME, permitió el libre uso de todo el material pedagógico brindado por los investigadores-educadores Charpak, Léna y Quéré. El primer Taller Nacional HaCE para la formación de “facilitadores” tuvo lugar en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en febrero de 2007, con la participación de más de 50 docentes, siendo al menos dos por cada provincia. Los primeros módulos HaCE adaptaron propuestas de los recursos pedagógicos de LAMAP y también el espíritu global del programa, que se describe en uno de sus primeros libros (Charpak, Léna y Quéré, 2006). Otro recurso pedagógico muy útil (Berthet, 2002) ha sido recientemente traducido del francés al inglés.

Teniendo presentes las características de nuestro país, el Programa HaCE está especialmente diseñado para su desarrollo en el aula, sin facilidades de laboratorio, y para que cualquier escuela, por modesta que sea, pueda aplicarlo. A fin de hacerlo sustentable, los módulos utilizan materiales muy económicos y de fácil acceso. Su objetivo fundamental es fortalecer la educación en ciencia y tecnología en los niveles primario y secundario, con una pedagogía basada en la indagación por los alumnos. Como ya lo expresara el Premio Nobel argentino Bernardo Houssay a principios del siglo pasado, la base es la “indagación y la crítica”. Con esta metodología, se desarrollan aptitudes tales como capacidad de observación, de proponer hipótesis, extraer conclusiones, de generar un espíritu crítico y trabajar en equipo. Se han desarrollado módulos para la enseñanza integrada de temas relacionados con fenómenos naturales, biología, química, física, tecnología, ingeniería y matemáticas, integrándolos a los contextos históricos y geográficos que llevaron a su descubrimiento. Todo este material está a disposición de los docentes (Nudelman, 2012) y constantemente se están actualizando incorporando nuevas observaciones y

noticias. En la lectura crítica de los módulos y su revisión colaboran académicos de las distintas disciplinas de la ANCFN, a fin de garantizar la calidad científica de la propuesta. En el equipo HaCE, además de licenciados y profesores de las diversas disciplinas, colaboran también docentes con maestrías en didáctica de las ciencias y licenciatura en ciencias de la educación que revisan los alcances metodológicos y didácticos de cada módulo.

El alumno se acerca a los conceptos a través de pasos similares a los que transita un científico, el objetivo principal es desarrollar en el estudiante competencias vinculadas con el trabajo de la ciencia y la tecnología. Es muy recomendable comenzar con esta forma de enseñanza de la ciencia y la tecnología ya desde el nivel inicial, donde el niño tiene intacta su curiosidad y capacidad de asombro, y continuarla en los niveles primario, secundario y terciario (Nudelman, 2012). También se procura la interacción con profesores/maestros de artes buscando la belleza que significa la adquisición del conocimiento. Además de los módulos desarrollados por el equipo, se hace permanente consulta de otros módulos IBSE de acceso universal y también de bibliografía sobre las grandes ideas en ciencia y sobre las formas de evaluación de los aprendizajes en cuyo desarrollo hemos colaborado en varias etapas (Harlen, 2010; Harlen, 2013a).

Desde su comienzo en 2004 hasta la fecha, el Programa HaCE ha realizado más de 200 talleres con un promedio de 50-70 participantes pertenecientes a distintas escuelas. Si se tiene en cuenta que cada docente tiene a su cargo un promedio de 30 alumnos, puede hacerse una estimación aproximada de que el programa ha beneficiado aproximadamente a unos 300.000 alumnos. También se han implementado centros piloto en diferentes lugares del país (Buenos Aires, Mendoza, Chaco, Santa Fe y Corrientes), donde facilitadores entrenados en el Programa HaCE realizan diversos talleres en su zona de influencia a fin de multiplicar las acciones. En uno de los últimos talleres HaCE a nivel nacional, fue muy interesante el trabajo realizado en forma conjunta con docentes de las distintas provincias agrupados en varios equipos. Utilizando los principios de grandes ideas que había desarrollado poco antes un grupo de científicos y de investigadores de la educación en la Universidad de York (Harlen, 2013), los docentes pudieron ver cómo, partiendo de una “gran” idea, pueden irse desgranando conceptos propios de las distintas disciplinas científicas. El taller HaCE más reciente se realizó en la ciudad de San Miguel de Tucumán en ocasión del 53° Curso de Rectores del CONSUDEC (2016).

## 5. La evaluación del aprendizaje

En años recientes, estudios internacionales han demostrado que la efectividad docente es el factor escolar con mayor influencia en el aprendizaje estudiantil. Sin embargo, Argentina todavía enfrenta grandes desafíos para identificar a los docentes más y menos efectivos. Éste es un gran obstáculo para mejorar la calidad docente mediante decisiones de contratación, salarios, promociones y estabilidad laboral. Ganimian (2012) discute cómo hacen los sistemas educativos de mejores resultados y mayor progreso para evaluar a sus docentes y cómo se utilizan los resultados de estas evaluaciones.

Entendemos que la evaluación de cada una de las etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje es una herramienta esencial para ir adecuándola y mejorándola en base a los resultados obtenidos. Es bueno definir que en el contexto de esta propuesta la palabra “evaluación” se utiliza para aludir a los procesos de generar, recolectar, interpretar y usar pruebas para juzgar el aprendizaje del estudiante. Por ejemplo, la OCDE utiliza la palabra “evaluación” para referirse a “juicios acerca de la efectividad de las escuelas, los sistemas y políticas escolares” (Nusche *et al.*, 2012). Sin embargo, no es el caso aquí, donde nos estamos refiriendo a la evaluación del estudiante o la evaluación de los resultados del aprendizaje para ayudar a fortalecer la comprensión de los estudiantes (lo que se conoce como “evaluación formativa”).

Particularmente en la educación en ciencias basada en indagación, este tipo de evaluación puede hacerse en cualquier momento. Muchas veces consiste en observación de una clase. Por ejemplo, el maestro observa lo que hacen los estudiantes, los alienta a hablar entre sí, escucha sus debates y sondea su pensamiento con preguntas abiertas y centradas en la persona (preguntas acerca de las ideas de los estudiantes, no en busca de “la respuesta correcta”). El maestro puede formular otras preguntas que conducen a una nueva actividad, y a repetir el ciclo de colección e interpretación de datos, en un proceso continuo que resulta en algún avance en ideas y capacidades relevantes. Los estudiantes se encuentran siempre en el centro del proceso, ya que son ellos los que aprenden.

Existe una creciente acumulación de pruebas de que la evaluación formativa sí conduce a mejores niveles de aprovechamiento (Black y Wiliam, 1998; Black *et al.*, 2003; Brookhart *et al.*, 2007; Hattie y Timperley, 2007; Shute, 2008; Wiliam, 2009; Minner, 2010, citados en Wynne, 2015). En una investigación experimental sobre evaluación, se advierte que la justificación para involucrar a los estudiantes en las decisiones acerca de su aprendizaje también se deriva de las teorías del aprendizaje. Los puntos de vista actuales rechazan la noción del aprendizaje como el proceso de absorber información y conocimientos prefabricados del maestro o libro de texto. Más bien, el aprendizaje se contempla como algo que entraña la participación activa de los alumnos, quienes usan ideas existentes para tratar de entender las experiencias nuevas (Harlen, 2016).

171

## 6. La confrontación en las pruebas internacionales

¿Por qué es imperioso modificar la educación en ciencias en Argentina? El conocimiento científico-tecnológico es esencial para todo ciudadano en la época actual. Esto es fácilmente compartido por todos; sin embargo, en nuestro país la relevancia dada a la enseñanza de las ciencias ha ido disminuyendo rápidamente, como lo demuestran los resultados en las evaluaciones PISA a nivel global y también las que realiza la UNESCO en la región. En los últimos años, la calidad de la educación media ha disminuido notablemente; los resultados obtenidos en las pruebas PISA revelaron que un 56% de los alumnos argentinos de 15 años de edad no poseen una comprensión lectora competente ni las habilidades mínimas en temas de matemática y de ciencias. Globalmente Argentina ocupó el puesto 56 entre los 65

países participantes (Ganimian, 2012). Las pruebas PISA nos alertan acerca de los problemas que enfrenta nuestra educación, y nos dejan tres mensajes: a) dos de cada tres adolescentes tienen bajos niveles de conocimiento en matemática; b) en lectura ocupamos el lugar 61 entre 65 naciones, debajo de Chile, Costa Rica, México, Uruguay y Colombia; y c) desde la prueba PISA 2000 no hemos avanzado en matemática, ciencias y lectura (Guadagni 2015). Diciendo que las evaluaciones internacionales no se ajustan al sistema educativo nacional, se intenta justificar la declinación argentina. Se argumenta que la evaluación PISA está basada en realidades de países con características socio-culturales muy distintas a las nuestras.

Sin embargo, la UNESCO realizó similares pruebas de evaluación llamadas PERCE, SERCE, y TERCE (primer, segundo y tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo, respectivamente). Si bien son menos conocidas que las PISA, es útil analizar los resultados de estas pruebas entre los países de América Latina participantes. El TERCE es un estudio de logros de aprendizaje a gran escala realizado durante 2013, en el que participaron un total de 15 países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay) más el estado mexicano de Nuevo León (México). El estudio evalúa el desempeño de estudiantes de tercer y sexto grado de escuela primaria en áreas como matemática, lectura y escritura y ciencias naturales, esta última sólo en el caso de sexto grado y para aquellos países que participaron en ambos operativos. En el TERCE, Argentina ocupó el penúltimo lugar.

172

El objetivo del estudio es dar cuenta de la calidad de la educación en la región y guiar la toma de decisiones en políticas educativas. Para cumplir con esto último, el estudio no sólo realiza pruebas para medir logros, sino también utiliza la administración de cuestionarios de contexto para comprender en qué circunstancias se dan esos aprendizajes. En las pruebas TERCE, se aprecia que, en términos generales, Argentina obtiene puntajes que están por debajo del promedio general. Solamente en ciencias naturales, Argentina ha mejorado 12.6 puntos con respecto al SERCE (2006) y logró un puntaje que está por encima del promedio general de la región (8.5).

## **7. El conocimiento como herramienta de promoción social**

Analizadas desde otro ángulo, las evaluaciones PISA muestran otro aspecto muy interesante con respecto a los objetivos de la educación. Se observa que la brecha entre los alumnos provenientes de distintos niveles socioeconómicos es mucho mayor en aquellos países que han mostrado más bajos resultados (Mizrahi, 2013). El conocimiento es la mejor herramienta de equidad y promoción social, ya que capacita al joven en temas totalmente vinculados a su quehacer cotidiano y le provee de un sólido bagaje para acceder al aprendizaje y uso de tecnologías emergentes. Le brinda criterios para poder discernir entre tanto cúmulo de información mediática disponible y habilidad para defender sus ideas, argumentar y dialogar con personas de distinto modo de pensar, de niveles socioeconómicos y hasta culturas diferentes. O sea: vivir la diversidad encontrando en el otro la belleza de lo distinto, lo verdadero, lo auténtico

y lo posible; ser capaces de separar “la paja del trigo” y no dejarse embaucar por fundamentalismos, por la prensa amarilla o los defensores a ultranza del ambiente que muchas veces difunden noticias sensacionalistas sin ningún fundamento científico.

Por eso hablamos de “educación en ciencia” y no simplemente de “enseñanza”. La ciencia es universal, no tiene fronteras, en los descubrimientos científicos encontramos aportes de civilizaciones milenarias, de culturas muy distintas, de contextos histórico, social y geográfico de todas las latitudes. La ciencia es universal, no tiene dueños, no se cotiza como tal en los mercados, es patrimonio de la humanidad; su dominio y comprensión en su justa medida son muy valiosos en la búsqueda de un lenguaje común, en la construcción de la paz duradera entre los pueblos y del desarrollo sustentable para todo el planeta. Esto ha sido entendido por la *National Academy of Science* de los Estados Unidos (Lok, 2010), por la OECD (2013) y por el *Higher Education Funding Council*. Dentro de este contexto, se ubica también el concepto de educación permanente y el replanteo de la educación que está procurando la UNESCO para las cinco regiones del planeta (la primera reunión se realizó en Brasilia en abril de 2016).

Finalmente, cabe también mencionar el valor de la ciencia universal como “fusión de civilizaciones y culturas”. Especialmente en países donde existen conflagraciones debidas a ideologías y fundamentalismos religiosos, la universalidad de la ciencia puede ser un camino de acercamiento en los niños y todos los seres humanos. Para ello, es muy necesario un lenguaje y postura respetuosa, promocionando la aceptación de la multidiversidad (Nudelman, 2016). Los debates que se sostienen en muchas de estas lecciones tienen que ser tratados con delicadeza y considerando las posibles experiencias y los antecedentes de los alumnos. Se debe hacer del salón de clases un lugar seguro donde los alumnos puedan compartir sus ideas y experiencias e incluso abordar temas polémicos en el aula (Oxfam, 2016).

173

## 8. Descripción de la transformación y su implementación

Por todo lo expuesto, es claro que toda transformación de la educación en ciencias debe poner la innovación y la creatividad como premisa fundamental. Los niños tienen innata su curiosidad e imaginación: es esencial que la forma de educación no coarte esas habilidades, sino que parta de ellas, las ponga en evidencia y busque cómo nutrirlas. Para ello: a) debemos de tener siempre presente como nutrir la creatividad en todos los niveles, y particularmente desde la educación inicial, en niños y niñas y en los jóvenes de toda edad; b) debemos diseñar un ambiente de aprendizaje comprometido, empleando pedagogías innovadoras de educación y aprendizaje para que las habilidades y talentos puedan expresarse libre y permanentemente; c) debemos concebir cómo podremos medir y evaluar los talentos y habilidades que se van desarrollando en cada etapa; para ello, tanto la evaluación formativa como la sumativa brindarán herramientas útiles para la mejora constante del programa. Entendemos también que la educación en ciencias debe tener muy presente las 17 metas globales para un desarrollo sostenible que la ONU ha definido para la agenda 2016-2030. Los niños serán los verdaderos “agentes de cambio” para lograr una

civilización sustentable, y a ese respecto la gran mayoría de las 17 metas tienen un fuerte contenido científico-tecnológico.

Muy recientemente, academias nacionales argentinas dedicadas a las disciplinas englobadas en STEM, incluyendo también a la Academia Nacional de Educación, han conformado un Consorcio de Academias Nacionales con el objetivo de reafirmar el compromiso asumido para “transformar la educación en ciencias”. La conformación de este Consorcio de Academias tiene como objetivo fundamental colaborar en la capacitación de directivos, maestros y profesores para implementar la pedagogía de educación en ciencias basada en la indagación y la evidencia experimental, en los niveles inicial, primario, secundario y técnico. Estadísticas recientes demuestran la eficacia de esta pedagogía de educación en ciencias comparada con la enseñanza tradicional. Además de la construcción de los conocimientos y conceptos por el propio alumno, se desarrollan en él habilidades y competencias necesarias en la vida real que requiere la fuerza laboral.

La propuesta educativa del Consorcio de Academias ofrece:

- Desarrollo profesional de los docentes que implica la capacitación y actualización en contenidos y en la metodología. Guía de estrategias pedagógicas y formación continua a lo largo del plan.
- Currículum: material para cada unidad temática y capacitación de los maestros/profesores al menos dos veces por cada unidad, considerando los recursos existentes y su adecuación.
- Evaluación del aprendizaje: evaluación formativa para determinar la situación de inicio en cada escuela, qué se necesita en cada caso, y luego una segunda evaluación para estimar el impacto del cambio pedagógico y proponer mejoras y adecuaciones.
- Acciones con la comunidad: reuniones locales para establecer y fortalecer alianzas y apoyos, identificar aliados regionales y colaboradores clave. Actividades de sensibilización social.
- Materiales de apoyo: desarrollo de materiales y recursos para la enseñanza en el aula; y de recursos digitales para apoyar la capacitación. Videos con experiencias de maestros IBSE.
- Desarrollo de habilidades en los alumnos: recolección y registro de evidencias; trabajo en equipo; exploración de preguntas; solución de problemas; y otros valores como el aprendizaje colaborativo y la solidaridad.
- Apoyo permanente: seguimiento de las dificultades para la implementación en cada escuela y apoyo adicional en lo que fuere necesario para una mejor adecuación a cada problemática escolar.

Tomando como base el propósito de la educación en ciencias como herramienta de promoción social, los módulos desarrollados utilizan materiales económicos y de fácil acceso para cualquier escuela (Nudelman, 2012). El programa no implica imponer módulos ni estrategias educativas únicas, sino que éstos son desarrollados o adaptados por el equipo HaCE y se corresponden con los núcleos de aprendizaje

prioritarios del ME para que constituyan una ayuda para el maestro en el quehacer áulico. De esta manera, se respeta y preserva el perfil propio de cada programa, porque entendemos que el aprendizaje está basado en la experimentación e indagación por el alumno en el aula (Nudelman, 2012a). Existen numerosas publicaciones recientes sobre el impacto que produce la educación en ciencias en comunidades de bajos recursos (Macpherson, 2014), incluyendo también las poblaciones rurales (Akaguri, 2011; Chudgar, 2012).

Para los niños más carenciados en particular, los recursos en educación del Estado deberían ser más dedicados a ellos, y por eso las experiencias propuestas son adaptables a las condiciones del aula en cada escuela, por modesta que sea; al grado (nivel primario) o año (nivel secundario) de la escuela; y a la carga horaria destinada en el diseño curricular. Son particularmente útiles en las escuelas rurales, especialmente en las multigrados (Nudelman, 2012a). Las evaluaciones que se proponen en el programa de transformación de la educación en ciencias del Consorcio de Academias son de tipo formativo e incluyen una evaluación inicial de la situación al comienzo y dos evaluaciones de los resultados realizadas por una institución no comprometida en el programa, una aproximadamente en el medio del segundo año y la otra al cabo del tiempo de su ejecución. Para las tres evaluaciones se utilizan grillas con distintos indicadores, a fin de poder realizar una evaluación con aceptable rigor estadístico que sirva para proponer pautas para un probable escalamiento del programa.

## Conclusión

Los grandes desafíos que debe enfrentar el mundo actual para tender a una civilización sustentable demandan creativos desarrollos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Se torna imperiosa una radical transformación en la educación en estas disciplinas; empleando la pedagogía basada en la evidencia experimental (EBSE), los niños y jóvenes adquieren las habilidades y competencias que requiere el mercado laboral actual. Por otro lado, dado el carácter universal de la ciencia, su dominio y comprensión (sin caer en fundamentalismos) son muy valiosos para todo ciudadano en la búsqueda de un lenguaje común, en la construcción de una paz duradera y de un desarrollo que sea sustentable para todo el planeta.

## Bibliografía

- AKAGURI, L. (2011): *Quality low-fee private schools for the rural poor: Perceptions or reality? Evidence from Southern Ghana*, Brighton, CREATE, University of Sussex.
- ALBORNOZ, M. (2014): "La universidad iberoamericana en debate", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 9, n° 27, pp. 49-61.
- BATTRO A. M. (2008): "The teaching brain", *Mind, Brain and Education*, vol. 4, n° 1, pp. 28-33.

BATTRO, A. M. (2010): "Multiple intelligences and constructionism in the digital era", en H Gardner (ed.): *Multiple Intelligences around the World*, San Francisco, Jossey-Bass/Wiley.

BATTRO A. M., FISCHER K. W. y LÉNA J. P. (2008): *The educated brain: Essays in neuroeducation*, Cambridge University Press and Pontifical Academy of Sciences.

BATTRO, M., DEHAENE, S. y SINGER W. (2011): *Human neuroplasticity and education*, Pontifical Academy of Sciences.

BERTHET, C. (2002): *Teaching Science at School, La main a la pate resource materials for the primary classroom*, París, LAMAP Foundation.

CATEDRA DEL DIALOGO Y LA CULTURA DEL ENCUENTRO (2016): *Un paradigma integral para la formación de las personas del siglo XXI*. Disponible en: [www.encuentromundi.org/](http://www.encuentromundi.org/).

CHARPAK, G., LÉNA, P. y QUÉRÉ, Y. (2006): "Los niños y la ciencia", *La aventura de Las manos en la masa*, Serie Ciencia que ladra, Siglo XXI.

CHUDGAR, A. (2012): "Variation in private school performance: the importance of village context", *Economic and Political Weekly*, vol. 47, n° 11, pp. 376-390.

176

COELHO M. A., MORALES A. P. y VOGT C. (2016): "Percepcion de los profesores de enseñanza media relacionados con ciencia y tecnología", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 11, n° 32, pp. 9-36.

COMMITMENT RIO+20 (2013): *Letter to the Academies*, IAP.

ENGELMAN, R. (2013): "Beyond Sustainable", en Worldwatch Institute: *The State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?*, Nueva York, W.W. Norton.

EUROPEAN COMMISSION PROGRAM FOR SCIENCE EDUCATION (s/f): *Horizon 2020*. Disponible en: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>.

GANIMIAN, A. J. (2013): "No logramos mejorar: informe sobre el desempeño de Argentina en PISA 2012". Disponible en: <http://educar2050.org.ar/2013/pisa/informe%20PISA%20>.

GUADAGNI, A. A. (2015): *Desafíos de la Educación post- 2015*, Academia Nacional de Educación.

GTS (2016): "The Nexus of Jobs and Education", *Global Talent Summit*, Washington D.C. y Davos, enero.

HARLEN, W. (2010): *Principles and Big Ideas of Science Education*.



HARLEN, W. (2012): "Developing IBSE: New Issues", *Helsinki Meeting Proceedings*, Finlandia, 30 de mayo-1 de junio.

HARLEN, W. (2013a): *Working with Big Ideas of Science Education*.

HARLEN, W. (2013b): *Assessment and Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*.

HARLEN, W. (2016): "Science Learning Assessment: tendencies and challenges", *International Conference For Improving The Learning Of Biology And Eelated Experimental Sciences At The K-12 School Levels*, Santiago de Chile, abril.

LASER (2016): *iLASER Executive Summary*, Washington D.C., Smithsonian Science Education Center, SSED.

LOK, C. (2010): "Science for the masses", *Nature*, vol. 465, pp. 416-418.

MACPHERSON, I. (2014): "Interrogating the private school "promise" of low-fee private schools", en I. Macpherson, S. Robertson y G. Walford (eds.): *Education, Privatization and Social Justice: case studies from Africa, South Asia and South East Asia*.

MINNER, D. D., LEVY, A. J. y J. CENTURY (2010): "Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 47, n° 4, pp. 474-496.

MIZRAHI, D. (2013): "Argentina tiene el peor resultado educativo en relación con su inversión", *Infobae*. Disponible en: <http://www.infobae.com/2012/11/10/680599->.

NUDELMAN N. S. (2012): *Educación en Ciencias Basada en Indagación: metodología innovadora para nivel primario y secundario*, libro, Buenos Aires, Ed. La Copia.

NUDELMAN, N. S. (2012a): "Un programa de educación en Ciencias para desarrollar en el aula", *Ñ*, 24 de agosto.

NUDELMAN, N. S. (2015): "Developing Talents for Future Women Leaders in STI", *Proceedings International Forum on Harnessing Women's Talents in STI*, Kuala Lumpur, mayo.

NUDELMAN, N. S. (2015): "Educación en Ciencias Basada en Indagación", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol.10, n° 28, pp. 11-22.

NUDELMAN, N. S. (2014): "Science Education for the years to come. Innovative pedagogy for the teaching and learning of Science", *Journal of Science Education*, vol. 15, pp. 36-51, ISSN 0124-5481.

NUDELMAN, N. S. (2016): “La universalidad de la ciencia acerca las culturas y los hombres”, *Encuentro Nacional de Educadores Católicos*, ENDUC.

NUDELMAN N. S. (2016a): “Innovando la educacion en ciencias”, *Revista CONSUDEC*, vol. 13, n° 52.

NUSCHE, D. LAVEAULT, D., MACBEATH, J. y SANTIAGO, P. (2012): *OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education*, Nueva Zelanda, OECD Publishing.

OECD (2013): *Synergies for Better Learning: an international perspective on evaluation and assessment*, París.

ONU (2015): *Diversos documentos*. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html> y <https://www.tes.com/worldslargestlesson/>.

OXFAM (2016): “Guía del UK para la enseñanza de temas polémicos”. Disponible en: <http://www.oxfam.org.uk/education/teachersupport/toolsandguides/controversialissues>.

PAS (2015): “The children and the sustainable development”, Taller, Pontificia Academia de Ciencias, noviembre.

FREEMAN, S. EDDY, S. L., MCDONOUGH, M., SMITH, M. K., OKOROAFOR, N., JORDT, H. y WENDEROTH, M. P. (2016): “The active learning improves education in STEM”, *PNAS*, vol. 111, n° 23 , pp. 8410–8415, DOI: 10.1073/pnas.1319030111.

ROBINSON, K. S. (2013): “Is it Too Late?”, *The State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?*, Worldwatch Institute, Nueva York, W.W. Norton.

STEM EDUCATION (2014): *Advancing innovation and research in Science, Technology, Engineering and Mathematics. Education and practice*, Johannesburgo, septiembre.

TOSCANO J. C, GORDILLO M. M. Y RESTREPO A. (2016): “Nuevos Desafíos Sociales en la Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 11, n° 33, pp. 67-71.

WISE (2014): *Summit for Education*, Doha, noviembre.