

Educación en ciencias basada en la indagación *

Educação em ciências baseada na indagação

Inquiry-based science education

Norma Sbarbati Nudelman **

La enseñanza de ciencia y tecnología en las escuelas primarias es un requerimiento gubernamental que data ya de varias décadas; sin embargo, perduran problemas que no han sido resueltos todavía. Los maestros se quejan del escaso interés de sus alumnos en temas de ciencia y tecnología, y éstos aducen que las clases les resultan “aburridas” y con escasa o nula relación con su vida cotidiana. Para paliar esta situación, la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ha implementado el Programa HaCE, de Educación en Ciencias Basada en Indagación (ECBI), una pedagogía innovadora basada en la investigación en el aula por los alumnos, quienes con la experimentación construyen un conocimiento basado en la evidencia. ECBI va más allá de la apropiación de contenidos básicos de ciencia y tecnología, y desarrolla habilidades como: creatividad, imaginación, pensamiento crítico, argumentación oral y escrita, trabajo en equipo y solidaridad, entre otras. Estas son aptitudes muy apreciadas para el mundo del trabajo en este siglo. El Programa cuenta con el apoyo de graduados universitarios y de profesores del nivel secundario en ejercicio. La ECBI atiende a la equidad y la promoción social de todos nuestros niños, capacita a los adolescentes y empodera a los jóvenes con destrezas esenciales para acceder a un empleo calificado.

Palabras clave: educación en ciencias, Programa HaCE, ECBI

* Este artículo está basado en la ponencia realizada durante el Seminario Iberoamericano sobre Ciencia, Tecnología, Universidad y Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) que se llevó a cabo entre el 26 y el 28 mayo de 2014 en Buenos Aires, Argentina.

**Universidad de Buenos Aires, CONICET y Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Argentina. Correos electrónicos: nudelman@qo.fcen.uba.ar y sbarbati_04@hotmail.com.

O ensino de ciência e tecnologia no ensino fundamental é um requerimento governamental há várias décadas; porém, ainda há problemas que não foram resolvidos. Os professores reclamam do pouco interesse de seus alunos em temas de ciência e tecnologia, e estes argumentam que as aulas são "chatas" e têm pouca ou nenhuma relação com sua vida cotidiana. Para solucionar esta situação, a Academia Nacional de Ciências Exatas, Físicas e Naturais, implementou o Programa HaCE, de Educação em Ciências Baseada em Indagação (ECBI), uma pedagogia inovadora sustentada na pesquisa em sala de aula desenvolvida pelos alunos, os quais, com a experimentação, constroem um conhecimento baseado na evidência. A ECBI vai além da apropriação de conteúdos básicos de ciência e tecnologia, desenvolvendo habilidades como a criatividade, a imaginação, o pensamento crítico, a argumentação oral e escrita, trabalho de equipe e solidariedade, entre outras. Estas são aptidões muito prezadas para o mundo do trabalho neste século. O Programa tem o apoio de graduados universitários e de professores de ensino médio em exercício. A ECBI atende à equidade e à promoção social de todas nossas crianças, capacita adolescentes e outorga aos jovens habilidades essenciais para terem acesso a um emprego qualificado.

Palavras-chave: educação em ciências, Programa HaCE, ECBI

The teaching of science and technology (S&T) in primary schools has been an official requirement for decades; nevertheless, there are still problems that have never been solved. While teachers complain of their students' scarce interest in subjects of S&T, students find that S&T lectures are "boring" and have scarce or nule relation with their everyday lives. In order to correct this situation, the Argentine Science Academy has implemented the HaCE Program of Inquiry Based Science education (IBSE), an innovative pedagogy based on research made by students in the classroom. IBSE is more than a simple appropriation of contents and develops many important skills, such as: creativity, imagination, critical thinking, oral and written discussions, team working and solidarity. All of them are highly appreciated abilities in the 21th Century. The Program is developed by young graduate university students and in-service professors of high school level. Its mission is to accomplish equity and social promotion of all children, and to empower young people with qualities that are essential for accessing to a qualified employment.

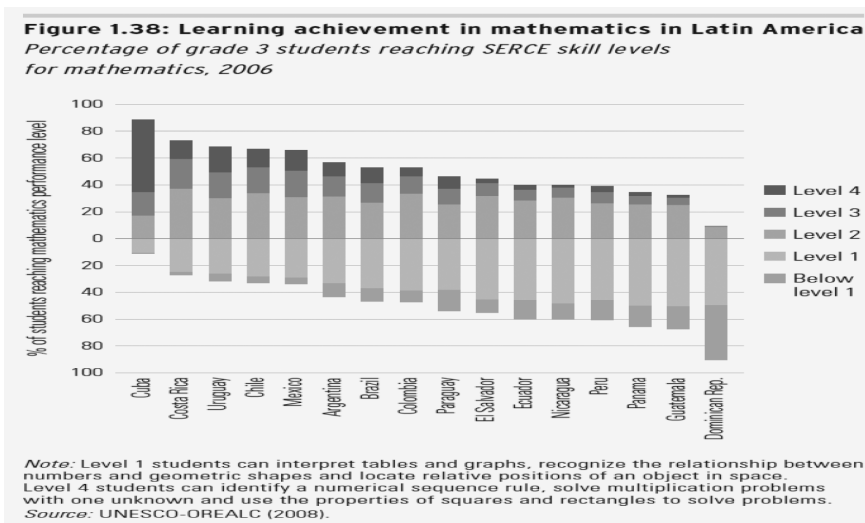
Key words: science education, HaCE Program, IBSE

1. Situación de la Argentina en el contexto internacional

Nuestro país se ha destacado siempre por tener uno de los sistemas educativos más avanzados de América Latina. Sin embargo, en los últimos años, la calidad de la educación media ha disminuido notablemente, como revelan, por ejemplo, los resultados obtenidos en las pruebas PISA: el 56% de los alumnos argentinos de 15 años de edad no posee una comprensión lectora competente ni las habilidades mínimas en temas de matemáticas y de ciencias. Globalmente, Argentina ocupó el puesto número 56 entre los 65 países participantes (Ganimian, 2012).

Se intenta justificar la declinación argentina aduciendo que la evaluación PISA está basada en realidades de países con características socio-culturales muy distintas a las nuestras. Pero la UNESCO realiza también similares pruebas de evaluación (llamadas PERCE, SERCE y TERCE); la última data de 2013 y los resultados todavía no se han hecho públicos). Si bien son menos conocidas que las PISA, es útil analizar, por ejemplo, los resultados en matemáticas del SERCE entre los países de América Latina participantes (**Figura 1**).

Figura 1. Resultados en matemáticas del SERCE



13

Fuente: UNESCO-OREALC (2008).

En el nivel 1 de estas pruebas, los alumnos debían interpretar tablas y gráficos, vincular números con formas geométricas y ubicar la posición de figuras en el espacio. Son problemas sencillos, que no requieren recordar temas o fórmulas complejas. Sin embargo, podemos ver que alumnos de muy pocos países han alcanzado el nivel 4, y la mayoría se ubica en el nivel 1, e incluso por debajo de dicho

nivel. La Argentina se ubica en el sexto lugar sobre 16 países. En 1990, Prebisch mostró el mapa geopolítico del conocimiento, alarmando sobre la relativa marginalidad de los países de América Latina y el Caribe (ALC); hoy esa situación general de ALC en el contexto internacional se mantiene, pero en ese entonces la posición relativa de Argentina en la región era mucho mejor.

2. Algunos aspectos de la enseñanza tradicional de ciencias

Un pensamiento ampliamente reconocido es que todo ciudadano de este siglo debe poseer un conocimiento básico de los conceptos y procedimientos fundamentales de la ciencia y la tecnología. Hablamos no solamente de aquellos estudiantes que optarán por una carrera universitaria relacionada; todos los egresados de la escuela media deberían ser capaces de entender y aplicar esos conceptos, dado que tienen una relevancia cada vez más creciente en sus vidas cotidianas. Al mismo tiempo, están constantemente expuestos a fuentes de información muy variadas y abundantes, y deberían 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; a su vez, muchas encuestas revelan que los estudiantes sienten que la ciencia que les enseñan en la escuela no es relevante para ellos. La ciencia no les interesa y les resulta aburrida. Si bien los jóvenes están absolutamente fascinados por los avances tecnológicos que pueden disfrutar a diario (televisión, computadoras, teléfonos celulares, WIFI, Playstations, tablets y demás) y realmente hacen un intensivo uso de ellos, no encuentran que la enseñanza de ciencia que reciben en la escuela esté conectada con temas de su vida cotidiana; consecuentemente, cada vez son menos los egresados que optan por seguir una carrera de las llamadas “ciencias duras”.

Se han formulado algunas posibles explicaciones para la situación actual. Repasemos algunas de ellas.

2.1. Escasa formación en ciencia de los docentes

Muchas veces escuchamos a los docentes “defenderse” de ciertas críticas que reciben de sus alumnos, o de distintos estamentos de la sociedad, con respecto al bajo nivel de sus clases de ciencias, aduciendo que ellos no son científicos. Lo cual es verdad. Pero tampoco son matemáticos, literatos o pintores destacados, y sin embargo no se escuchan esos argumentos cuando deben enseñar asignaturas relacionadas. El conocimiento científico-tecnológico se expande constantemente y también hay mucha innovación en las metodologías que se aplican para transferir ese conocimiento. El educador no debe limitarse a repetir los mismos conceptos que recibió cuando él mismo era estudiante, tal vez quince o veinte años atrás; el diálogo con personas que hacen ciencia, con investigadores interesados en la educación, puede resultar muy fecundo para ambas partes. Muchas veces escuchamos que los docentes no saben ciencia y que los científicos no saben enseñar. Ambas

expresiones tienen buena parte de verdad, y por eso pensamos que construir estos canales de comunicación es relevante para contribuir entre todos a mejorar la calidad de la educación en ciencia y tecnología. La **Figura 2** muestra un Taller HaCE para docentes realizado en la ANCEFN (Módulo “Propiedades de la materia”).

Figura 2. Taller HaCE para docentes realizado en la ANCEFN



15

Es conveniente que introduzcamos las siglas STEM (del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*), que podríamos traducir como CTIM, para indicar, en forma simplificada, que cuando hablamos de educación en ciencia nos estamos refiriendo en forma global a esos cuatro términos. La escasa población de ingenieros a nivel mundial ha llevado al reconocimiento de que es urgente introducir conceptos, herramientas y aplicaciones ligadas a la ingeniería ya en la escuela secundaria, para que el joven tenga acceso a estos conocimientos y pueda apreciar sus aspectos de interés y tener elementos de juicio que le permitan escoger luego una de las ramas de la ingeniería como opción de carrera universitaria.

2.2. Temor al trabajo experimental y a la indisciplina en el aula

Éste es otro de los problemas con que se encuentran muchos docentes al momento de enseñar una materia relacionada con el trabajo experimental. Ya en épocas muy remotas, Roger Bacon, en 1241, expresó: “La ciencia experimental es la reina de las ciencias”. En una época en la que prevalecían las humanidades y las artes, destacó la importancia de buscar la evidencia experimental para erradicar falsos conceptos, mitos y supersticiones.

El temor que puede sentir el docente a realizar una experiencia en el aula y no obtener el resultado esperado es muy comprensible. Es más, a veces ocurre también en el laboratorio que el científico no obtiene lo que esperaba, y muchas veces este

resultado “anómalo” resulta más interesante y fructífero. Por lo tanto, el docente puede estar muy tranquilo de realizar experiencias con sus alumnos en el aula y frecuentemente puede suceder que no todos los alumnos tengan idénticos resultados, lo cual es la parte interesante de la metodología por indagación. En el aula no hay indisciplina. La **Figura 3** muestra el interés y concentración de los alumnos durante el taller de ciencia (Módulo “Construyendo un Acuífero”).

Figura 3. Trabajo con alumnos durante un taller de ciencia



16

2.3. Los alumnos estudian de memoria

Otro de los problemas con los que se enfrenta la enseñanza tradicional. El alumno no se interesa en lo que el docente expone en clase, en consecuencia no lo entiende y luego recita la clase “de memoria”. No aprendió los conceptos, simplemente los repite para aprobar la asignatura. Los resultados son distintos con la educación basada en indagación. Lo que el niño o el joven aprenden “haciendo ciencia” de forma experimental no es olvidado fácilmente, como ocurre con la enseñanza tradicional de la clase expositiva. Con esto significamos: no solamente es importante lo que se enseña, el contenido, que puede ser obsoleto, sino también la metodología de enseñanza, que puede resultar muy poco atractiva para el estudiante y escasamente eficaz para el aprendizaje.

3. ¿Debe la universidad jugar algún papel en mejorarla?

Ciertamente, la universidad tiene como base fundamental la investigación, en el llamado modelo humboldtiano. La investigación es imprescindible para realizar una docencia universitaria apropiada en todas las disciplinas, pero mucho más en el campo de las carreras de ciencias o, dicho más comprensivamente, en el campo de las CTIM.

La interacción activa de investigadores universitarios con educadores de las CTIM tiene efectos mucho más enriquecedores que simples cursos o talleres sobre lo que es el método científico. Es muy relevante lo que puede lograr un acercamiento entre los investigadores y los docentes. A veces los docentes explican el llamado “método científico” como formado por etapas que deben cumplirse, pero el trabajo experimental muchas veces va abriendo nuevos caminos y “torciendo” o aun invirtiendo algunas de esas etapas. Mucho más estimulante y aleccionador que el “discurso” sobre el método científico es llevarlo a la práctica realizando sencillas propuestas experimentales, como las que se muestran en el taller “HaCE” de la **Figura 4**.

Figura 4. Propuestas experimentales durante el taller HaCE



17

En la educación basada en la indagación, el docente y el estudiante se colocan en la posición del investigador, observan, experimentan, discuten, explican y proponen como haría un científico en su laboratorio. Si bien la propuesta masiva de llevarla a las escuelas es relativamente reciente, ya en 1919 nuestro gran científico, premio Nobel y fundador del CONICET, el Dr. Bernardo Houssay, escribía sobre la importancia de la “indagación y la crítica” en el quehacer de un investigador en ciencias.

4. La educación en ciencia basada en la indagación

Para revertir la ya comentada falta de interés de los estudiantes en la CTIM e incrementar la fascinación por los desarrollos científicos y tecnológicos, se está implementando en muchos países la metodología de Enseñanza de las Ciencias Basada en Indagación (ECBI). Esta metodología innovadora lleva a los estudiantes a desarrollar sus propias ideas gracias a un aprendizaje basado en la experimentación,

y a construir, así, su conocimiento del mundo natural. Usando las destrezas empleadas por los científicos para hacerse preguntas, obtener datos, razonar y revisar evidencias a la luz de lo conocido, los estudiantes 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).

5. El Programa HaCE de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN)

En 2004, la ANCEFN comenzó a desarrollar el Programa HaCE (“Haciendo Ciencia en la Escuela”) de educación en ciencias basada en la indagación, cuando se integró a la red de IANAS (*Inter-American Network of Academies of Sciences*) y empezó a formar parte de su Programa de Educación en Ciencias (IANAS-SEP). 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 Ministerio de Educación de la Nación, permitió el libre uso de todo el material pedagógico brindado por los investigadores-educadores Charpak, Lena y Queréc, desarrolladores del Programa *La main a la pâte* (LAMAP, “Las manos en la masa”). Los primeros módulos HaCE adaptaron propuestas de dichos recursos pedagógicos; para ilustrar el espíritu del programa, recomendamos la lectura de uno de sus primeros libros, del cual hay traducción al español (Charpak, Lena y Queréc, 2006). Otro recurso pedagógico muy útil (Berthet, 2002) ha sido recientemente traducido del francés al inglés.

18

5.1. Objetivo del Programa HaCE

El objetivo primordial es fortalecer la educación en ciencia y tecnología en los niveles primario y secundario, con una metodología pedagógica innovadora basada en la indagación por los alumnos. Como ya lo expresara Houssay a principios del siglo pasado: la base es la “indagación y la crítica”. Esta metodología desarrolla aptitudes tales como la capacidad de observación, de proponer hipótesis, extraer conclusiones, trabajar en equipo y demás. Por ello es tan relevante el aporte que puede hacer la universidad, especialmente desde la colaboración de sus jóvenes graduados. Fue el propio Dr. Houssay, poco años después de la creación del CONICET, quien implementó los primeros cursos de perfeccionamiento para profesores de ciencia del nivel medio (quien esto escribe colaboró varios años dictando clases en dichos cursos, siendo entonces tesista de doctorado).

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). Con esta modalidad de enseñanza, 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, entre ellas:

- capacidad de observación crítica de un hecho empírico concreto;
- capacidad de descripción detallada y minuciosa, tanto oral como escrita, de la observación realizada;
- habilidad para obtener datos y ordenarlos de una manera significativa que permita analizarlos, interpretarlos, relacionarlos, estableciendo similitudes y diferencias entre ellos;
- habilidad para elaborar, a través del análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, posibles conclusiones e hipótesis que permitan interpretarlos y predecir resultados en situaciones comparables;
- desarrollar espíritu crítico y capacidades para el trabajo en equipo y para la confrontación y la discusión de resultados obtenidos por otros.

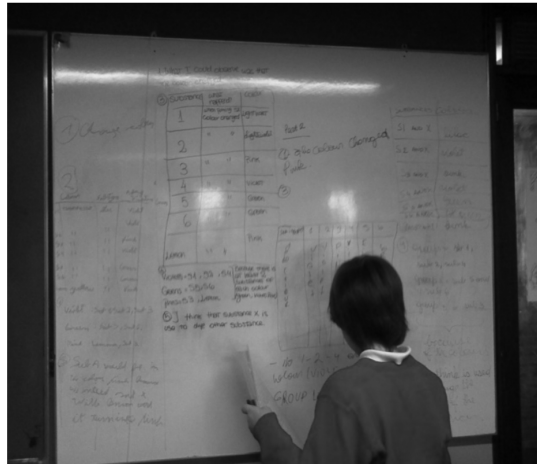
Por todo ello, hablamos de “educación” y no de “enseñanza” de las ciencias, ya que sus alcances van mucho más allá del simple aprendizaje de la asignatura. Los fundamentos educativos del Programa HaCE están basados en estos principios, a saber:

1. Los alumnos observan un objeto o un fenómeno real, y experimentan con él trabajando en equipo. Argumentan, razonan, discuten ideas y resultados, así construyen sus conocimientos de forma semejante al trabajo del científico.
2. A fin de hacerlos sustentables, los módulos están diseñados en base a materiales muy económicos y fácilmente accesibles para cualquier escuela.
3. Para facilitar la tarea del docente, las actividades propuestas están organizadas en una progresión del aprendizaje consistente con los diseños curriculares.
4. La carga horaria semanal y la dedicación a un mismo tema durante varias semanas se adecuan a las posibilidades de cada escuela.
5. Se garantiza la calidad y la continuidad de las actividades, y se promueve una educación integrada sobre el conjunto de la escolaridad.
6. Cada alumno lleva un cuaderno de ciencias (CdC) donde anota sus observaciones y conclusiones con sus propias palabras y dibujos. La evolución del CdC durante el año constituye un excelente registro del progreso en el conocimiento.
7. El objetivo mayor es la apropiación progresiva, por parte de los alumnos, de conceptos científicos y de técnicas operativas, acompañada por una consolidación de la expresión oral y escrita.
8. Se invita a las familias y el barrio a involucrarse en el trabajo realizado dentro y fuera del aula.
9. Científicos (universitarios, académicos) y facilitadores colaboran en la propuesta de módulos y en el desarrollo profesional de los docentes, y acompañan el trabajo en el aula.
10. El programa incluye la colaboración continua con educadores especializados en investigación en la enseñanza de las ciencias y el acceso a sitios de ECBI.

El trabajo se realiza en forma grupal (cuatro-cinco alumnos), donde cada uno desempeña un rol (líder, secretario, vocero, encargado de materiales) decidido al azar. Los roles cambian cada vez que se inicia una nueva experiencia. Los roles deben respetarse, independientemente del gusto de cada alumno, así se educan en

el trabajo en equipo. Todos los resultados se anotan en el CdC; en la puesta en común el vocero desde su lugar explica lo realizado y el secretario pasa a escribir en el pizarrón (**Figura 5**); ése es un momento adecuado para introducir el vocabulario preciso, corregir la ortografía y estimular la argumentación entre los grupos.

Figura 5. Secretario exponiendo en el pizarrón



20

6. ¿Se debe vincular la investigación con la docencia?

Todo lo expresado arriba ilustra la estrecha relación entre investigación y docencia. Es fundamental que las nociones que desarrolle el estudiante sean correctas y no estén viciadas con conceptos inadecuados. Un “no sé” dicho a tiempo por el docente puede ser el paso inicial para comenzar el proceso de aprendizaje compartido con sus alumnos y para que pueda acompañarlos en un camino en el cual la indagación es el primer paso para la construcción de conocimientos relevantes. El trabajo experimental es apto para introducir algunas de las problemáticas del quehacer científico: por un lado, observación, medición, registro de datos, ponderación de errores; y por el otro, la comunicación oral y escrita, el trabajo en equipo y la discusión de resultados. Otro aspecto a tener en cuenta al realizar experimentos es la seguridad. Se deben enseñar los cuidados que hay que tener, generando una actitud de responsabilidad en relación con su seguridad y la de sus compañeros. Una característica esencial de los módulos desarrollados en el Programa HaCE es que pueden ser realizados en el aula, sin ninguna facilidad de laboratorio, y por ello son aptos para cualquier escuela, por modesta que sea. Con esta metodología, las clases de ciencia dejan de ser “aburridas”; se tornan muy interactivas, dinámicas; se construye un aprendizaje basado en la evidencia y se desarrollan aptitudes de gran valor formativo.

7. Educación CTS

El conocimiento científico-tecnológico es esencial para todo ciudadano en la época actual. Las evaluaciones PISA muestran que la brecha entre los alumnos provenientes de distintos niveles socioeconómicos es mucho mayor en aquellos países que han mostrado muy 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 el uso de tecnologías emergentes; le brinda criterios para poder discernir entre tanto cúmulo de información mediática disponible y habilidades para defender sus ideas, argumentar y dialogar con personas con distintos modos de pensar, niveles socio-económicos y hasta culturas diferentes. Vivir la diversidad, encontrando en el otro la belleza de lo distinto, lo verdadero, lo auténtico y lo posible. 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 históricos, sociales y geográficos 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.

21

Bibliografía

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

G. CHARPAK, G.; LENA, P. y QUERÉ, Y. (2006): *Los niños y la ciencia. La aventura de Las manos en la masa*, Serie “Ciencia que ladra”, Siglo XXI.

W. HARLEN (2012): “Developing IBSE: New Issues”, Helsinki, Finlandia, del 30 de mayo al 1 de junio.

W. HARLEN (2010a): “Assesment and Evaluation in IBSE”. Traducción disponible en: www.innovec.mex.

W. HARLEN (2010b): “Big Ideas in Science”. Traducción disponible en: www.innovec.mex.

A.J. GANIMIAN (2013): “No logramos mejorar: informe sobre el desempeño de Argentina en PISA 2012”. Disponible en: <http://educar2050.org.ar/2013/pisa/Informe%20PISA%20Argentina%202012%281%29.pdf>.

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

N. S. NUDELMAN (2012): "Educación en Ciencias Basada en Indagación: metodología innovadora para nivel primario y secundario", ANCEFN.