

NUEVO PARADIGMA PEDAGÓGICO PARA ENSEÑANZA DE CIENCIAS Y MATEMÁTICA

NEW PEDAGOGICAL PARADIGM FOR SCIENCES AND MATHEMATICS TEACHING

**Horacio E. Bosch¹, Mario A. Di Blasi¹, Mariano E. Pelem¹, Mercedes S. Bergero²,
Leonor Carvajal² y Noemí S. Geromini²**

Universidad Tecnológica Nacional, (1) Grupo de Investigación Educativa en Ciencias Básicas,
(2) Red de Investigación Educativa en Matemática Experimental para Ingeniería y Tecnología,
Sarmiento 440 P.3., (1041) Buenos Aires - Argentina
(e-mail: hbosch@fibertel.com.ar)

Recibido: 23/11/2010 - Evaluado: 19/01/2011 - Aceptado: 01/02/2011

RESUMEN

El objetivo del trabajo es presentar un nuevo paradigma pedagógico (Pedagogía STEM) para el aprendizaje de ciencias, tecnología, ingeniería y matemática (Sciences, Technology, Engineering and Mathematics), basado sobre políticas, programas y experiencias desarrolladas en el mundo en los últimos años, adaptado a instituciones, profesores y alumnos de habla hispana. El cuerpo fundamental del trabajo está constituido por el perfeccionamiento de criterios de pertinencia para la implantación de dicho paradigma (enfoque transdisciplinario, constitución de redes, utilización de tecnologías para experimentación, producción de recursos pedagógicos, transferencia). Como resultado de investigaciones educativas realizadas durante la última década, se hace referencia a la producción de nuevos recursos didácticos para trabajar con docentes en ambientes de laboratorio. Estos recursos son propuestas de ejemplos cómo debe enseñarse física, química, biología y matemática asistidas por tecnologías electrónica e informática, ofrecidos en forma abierta para profesores y alumnos de habla hispánica.

ABSTRACT

A new pedagogical paradigm is presented (Pedagogy STEM) for sciences, technology, engineering and mathematics learning, based on policies, programs and experiences developed over the world in the last years. This paradigm is adapted specifically to Spanish speaking people: teachers, students and institutions. The main body of the work is made up by the development of pertinent criteria for the introduction of the mentioned Paradigm core (disciplinary approach, constitution of networks, the use of technologies for experimentation, production of pedagogic resources, and knows how to transfer). As a result of educational researches carried out in the last decade, new pedagogical resources are referred to work with teachers in laboratory environments. These resources are proposed as examples how physics, chemistry, biology and mathematics supported by electronic and information technologies are to be taught. These documents are open to Spanish Speaking teachers and students.

Palabras clave: enseñanza; ciencias; pedagogía; matemática
Keywords: teaching; sciences; pedagogy; mathematics

INTRODUCCIÓN

La mayor preocupación de los países del mundo en el siglo XXI es dar respuesta a grandes desafíos, entre los cuales se cita: (i) la naturaleza (tsunamis, terremotos, huracanes, cambio global); (ii) la competitividad económica; (iii) la demanda de soluciones cada vez más complejas de problemas propios de las ciencias y tecnología; (iv) la educación de la juventud para que se capacite y pueda ocupar los puestos de trabajo que demanda la Sociedad.

En respuesta a este planteo, se debe contribuir a la preparación de la población para afrontar el cambio científico-tecnológico y económico por el cual está transitando. Toda persona tiene que recibir formación y educación para ir tan lejos como su capacidad lo permita. Se debe contribuir a la fundamentación y diseño de una Ciencia Pública, para poner la ciencia en la sociedad (CYTED, 2009).

El grado de educabilidad de los jóvenes es preocupante, particularmente en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática. La deserción estudiantil secundaria y universitaria, la falta de interés por estudiar, la disminución de egresados, son indicadores básicos que ponen en evidencia el peligro de pérdida de competitividad de las Sociedades Iberoamericanas.

En particular, el Programa PISA (PISA, 2010) ha analizado la respuesta de estudiantes argentinos de 15 años calificándolos en el ranking 51 entre 57 países.

Si se analiza qué están haciendo en otros países para producir reformas educativas, se observa que las políticas adoptadas son mucho más drásticas y de envergadura, configurando un nuevo paradigma. Tanto en el Hemisferio Norte como en los países del Pacífico, la educación científica se considera de interés público prioritario.

Estados Unidos (EE.UU.) ha fijado políticas gubernamentales para la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática (*Sciences, Technology, Engineering and Mathematics, STEM*) (GAO, 2005). El Presidente anunció el Programa "*Educate to innovate*" convocando a líderes claves de la comunidad y a una serie de asociaciones, compañías, fundaciones, organizaciones sin ánimo de lucro y sociedades de ciencias e ingeniería (The White House, 2010).

Prácticamente todas las Universidades americanas han organizado Institutos o Centros STEM. El objetivo es cumplimentar una participación fundamental en la educación formal básica pre universitaria de 13 años (K-12) y una educación formal universitaria y post universitaria de siete años más en el área STEM. Se cita sólo una Universidad por razones de espacio (NEU, 2010).

La Unión Europea ha creado una Red "*Developing Quality in Mathematics Education* (DQME, 2004). Esta Red ha producido materiales de acuerdo con las demandas actuales sobre educación matemática.

También ha implantado, entre otros, el Proyecto REMATH, (*Representaciones Matemáticas con Medios Digitales*) de Universidades de París, Londres, Siena, Atenas y centros tecnológicos, para desarrollar dispositivos para la enseñanza de matemática en la era de la computación (REMATH, 2010).

El Proyecto PRIMAS (Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe) aspira a cambiar la forma de enseñar ciencias y matemática introduciendo nueva pedagogía, proveyendo a docentes de materiales de enseñanza y entrenamiento. Hasta el presente se han reunido 14 participantes de 12 países europeos para trabajar juntos y diseminar las estrategias del Proyecto (PRIMAS, 2010).

Europa ha convocado a expertos en educación, líderes empresariales y líderes políticos de todo el mundo para reunirse a fines del mes de noviembre de 2010 en La Haya para intercambiar las prácticas de éxito con el fin de mejorar las ciencias y educación tecnológica. En esta reunión cumbre se enfatiza la importancia de STEM como factor clave del triángulo de conocimiento: educación, investigación, innovación.

Las cifras de los estudiantes, científicos e investigadores en STEM deberían crecer de forma considerable para cumplir con la demanda de las investigaciones basadas sobre los sectores económicos. Se necesita más implicación de los negocios con los sectores de formación. Para finales del año 2010 todas las naciones de la UE deben acordar un plan de acción nacional sobre la agenda de innovación y educación 2020: Innovation Union (Cumbre Europea, 2010).

Al solo efecto de proveer un ejemplo más entre centenares, se menciona el Instituto Nacional de Educación de Singapore (Singapore National Institute of Education - NIE, 2010). El sistema educativo de Singapore es uno de los más satisfactorios sistemas en el mundo. Se han capacitado 30.000 docentes en servicio. Por otra parte, Corea del Sur ha creado uno de los sistemas más eficientes e innovadores del mundo, cuyos principales pilares se fundamentan en la igualdad de oportunidades y el entusiasmo por educación de calidad (Biblioteca Nacional de Chile, 2010; Altablero, 2008-2009).

En la reciente Novena Conferencia sobre Educación en Ingeniería llevada a cabo en Singapore se ha enfatizado la necesidad de que los estudiantes tengan una sólida preparación en los temas STEM, pues en el futuro necesitarán un sólido entendimiento de situaciones relacionadas con tecnología. También se destacó la necesidad de tener una robusta educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática no sólo para cumplir los estudios universitarios sino para preparar a los estudiantes a resolver los problemas y desafíos de la ingeniería del presente siglo (Waters et al., 2010; Terry et al., 2010).

Visto los desafíos de la Sociedad, la necesidad de educar a la población y particularmente a los jóvenes en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática, y considerando los ejemplos citados previamente sobre el nuevo paradigma fijado por las instituciones y universidades prestigiosas del mundo, el Grupo UTN de Investigación Educativa en Ciencias Básicas y la Red de Investigación Educativa en Matemática Experimental de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, han tomado como objetivo la adaptación del nuevo paradigma "Pedagogía STEM". También el diseño y desarrollo de recursos pedagógicos para brindarlos en forma abierta y gratuita a la Sociedad, a los fines de mejorar la educabilidad de jóvenes y docentes, particularmente de habla hispana.

DESARROLLO DEL NUEVO PARADIGMA

Dada la complejidad de estas nuevas ideas, experiencias y materiales desarrollados en los últimos años en el mundo, resulta apropiado fundamentar las razones por las cuales se adopta la Pedagogía STEM.

La sociedad ha demostrado desde hace varias décadas su preocupación sobre la enseñanza de las ciencias y matemática, ya que cada vez hay más abandono por parte de la juventud de estudiar carreras de ciencias e ingeniería. La falta de ingenieros en el mundo es alarmante, la falta de matemáticos que elaboren junto con grupos interdisciplinarios modelos complejos de situaciones de la vida real, también es preocupante. Se requiere que los jóvenes adquieran una preparación integrada e interdisciplinaria de ciencias y matemática, particularmente para entender problemas complejos de ingeniería, biología, medio ambiente, propagación de enfermedades y epidemias, entre otros problemas. Ello requiere una formación básica de análisis de comportamiento de sistemas físicos, químicos y biológicos. Es necesario que los jóvenes se habitúen a hacer mediciones, análisis de datos, estudio y comprensión de gráficas para proponer modelos que conjuntamente con matemáticos tratarán de resolverlos y predecir el comportamiento de sistemas en estudio.

Evidentemente la práctica de laboratorio es indispensable para encarar este tipo de estudios. Para ello es preciso proponer la realización de prácticas desde temprana edad, no sólo para estudiantes sino también para docentes que no han tenido la oportunidad de desarrollar este tipo de habilidades. En la experimentación es preciso utilizar las tecnologías y metodologías actuales, que se emplean en la industria y en los laboratorios de investigación, basados fundamentalmente en el uso de sistemas de adquisición, procesamiento y representación de la información.

Puede decirse que esta modalidad ha sido introducida en la enseñanza de las ciencias por el profesor Ronald

Thornton de Tufts University en el año 1986 presentando los "Laboratorios Asistidos por Microcomputadoras para el alumno principiante en ciencias" (Thornton, 1986). Este ha sido el punto de partida del uso de herramientas para laboratorios escolares y universitarios que permiten la conducción del alumno para la obtención, visión y análisis de la información. Según el Dr. Thornton, estos laboratorios ofrecen a los alumnos un poder sin precedentes para explorar, medir y aprender acerca del mundo de las ciencias. Eso es lo que se necesita para resolver los problemas que presenta la Sociedad: formar alumnos que puedan aprender acerca del mundo de las ciencias.

Esa es la base del modelo pedagógico a adoptarse. El desarrollo del modelo estará a cargo de la gran variedad de laboratorios del mundo que compartan la citada base. Varias universidades e institutos de educación han tomado la experiencia del Dr. Thornton, y han desarrollado cada una de ellas el mismo modelo. Esa es la característica del modelo pedagógico STEM, todos los laboratorios desarrollan experiencias basadas sobre la investigación científica, utilizando nuevas tecnologías, con el mismo fin, que es capacitar a los alumnos para entender las ciencias.

Si bien la producción del modelo STEM es explosiva, cabe hacer algunas observaciones sistemáticas sobre criterios de pertinencia para el desarrollo y aplicación del modelo. De esta manera se conseguirá que cualquiera sea el laboratorio que produzca materiales para desarrollar experiencias STEM deberá cumplimentar estos criterios de pertinencia.

Enfoque transdisciplinario

Desde hace varias décadas ha sido un lugar común que las ciencias naturales y matemática se han enseñado en compartimentos estancos. Particularmente la matemática, herramienta fundamental para la resolución de problemas científicos, se ha enseñado como ciencia abstracta; se enseña cómo se resuelven las ecuaciones pero no se enseña por qué se resuelven, y lo más importante, qué uso tienen en el mundo real (REMATH, 2010). La enseñanza de la matemática no ha cambiado sustancialmente desde la época de Cauchy (Crombie, 2008).

El enfoque transdisciplinario es básico para entender los fenómenos de la naturaleza y resolver los problemas que plantea la sociedad, cada vez más complejos, según lo muestra los ejemplos mencionados y muchos otros más (IST, 2010).

Constitución de Redes

Para que las actividades de centros científicos y educativos tengan impacto y se diseminen en una Región o continente, deben constituirse redes y consorcios entre ellos. Con la constitución de redes se produce la interacción entre investigadores, docentes, autoridades educativas, autoridades políticas, universidades, organizaciones de la sociedad civil y actores de la Región. Se han mencionado sólo algunas redes europeas como ejemplos, a lo cual debe agregarse el conocido criterio de la Unión Europea de creación de "European Research Areas - ERA". (ERA, 2008) y comenzar a aunar criterios para implantar esa concepción similar en Latinoamérica.

Centralizar las acciones de apoyo en docentes secundarios, de "colleges" y universitarios

Los docentes son la fuente fundamental de la enseñanza de ciencias y matemática, en este caso particular, y por lo tanto, el vehículo para implantar las nuevas estrategias y tecnologías en las escuelas, "colleges" y universidades.

Se debe procurar que un número significativo de docentes se incorpore a Proyectos basados sobre el paradigma "Pedagogía STEM" proveyéndoles entrenamiento y acceso a tecnologías innovadoras y metodología científica. Todos los programas mencionados precedentemente centralizan el foco en la preparación docente (Seminar, 2010).

El entrenamiento debe basarse sobre talleres sistemáticos y extensos para que se adquiera la práctica de la experimentación con recursos educativos específicamente desarrollados.

Utilización de nuevas tecnologías para experimentación

Respecto de la utilización de tecnologías educativas para la enseñanza de ciencias y matemática, particularmente para la población de habla hispana, la única tecnología que ha sido totalmente incorporada es la calculadora electrónica, que ha irrumpido en el mercado en forma ubicua desde la década de 1970.

La tecnología informática, desarrollada en forma masiva a principios de la década de 1980 con la PC, no ha sido asimilada totalmente para la enseñanza de matemática y otras ciencias. Sólo se la utiliza parcialmente como suplemento. O sea se hace un uso subestimado aun de programas computacionales simples, y mucho menos de poderosas herramientas informáticas (Sistemas Algebraicos Computacionales – SAC) (Bayley et al., 2007; Borwein y Bayley, 2007)

El mapa de camino para la enseñanza de ciencias y matemática fue determinado en sus fundamentos por científicos del siglo XIX. Con algunos agregados, ese mapa de camino se ha seguido utilizando hasta hace pocos años. En otras palabras, a los estudiantes del siglo XXI se les enseña matemática y ciencias como en el siglo XIX. Como consecuencia, los estudiantes están viviendo en dos mundos: el mundo del aula (siglo XIX) y el mundo real (siglo XXI).

La enseñanza de ciencias y matemática debe basarse sobre la experimentación tanto por parte de profesores como de alumnos (*"hands-on"*). Precisamente se deben utilizar las tecnologías electrónica e informática para producir nuevos artefactos de experimentación y nuevos sistemas de registro, procesamiento y representación de datos, así como utilizar apropiadamente programas de matemática para cálculo y graficación (WRI, 2010; Hohenwarter, 2004).

Hay que recrear (ver situaciones nunca antes vistas) o transformar las clásicas experiencias de física, química y biología en nuevas experiencias con los sistemas descriptos. Para ello es necesario desarrollar sistemáticamente prototipos de experimentación, tanto para ciencias como para matemática, que puedan multiplicarse para entrenar a varios grupos de cohortes de docentes.

Producción de recursos pedagógicos desde la perspectiva actual

Para alentar este cambio se requiere la producción de recursos educativos innovadores diferentes a los existentes, los cuales deben usarse en entornos de aprendizajes diferentes al aula con otras prácticas de enseñanza (experimental). El aula ha sido, y lo sigue siendo, un escollo para actualizar la enseñanza de ciencias. Es necesario introducir otros ambientes que permitan que el alumno trabaje, discuta y desarrolle capacidades de aprendizaje acordes con las herramientas del siglo XXI.

Tanto la preparación de estos recursos pedagógicos como el entrenamiento docente para su uso deben realizarse en un ambiente conjunto de investigadores, profesores universitarios y docentes de escuelas terciarias y secundarias.

Transferencia

Los usuarios finales de estos materiales son, en primer término, los profesores de cátedra universitarios y sus alumnos. La transferencia de resultados de investigación a las cátedras es uno de los objetivos fundamentales para una enseñanza actualizada de ciencias y matemática. En segundo término, los docentes de "colleges" y secundarios y sus alumnos. Tanto unos como otros deben enseñar y aprender lo que se enseña y aprende en el mundo actual y no lo que se enseñaba a principios del siglo pasado. De esta manera no sólo se diseminarán nuevos conocimientos y métodos, sino también modernas formas de desarrollo de habilidades y competencias para adquirir conocimientos actuales y tener una idea más clara de la relación entre matemática y las ciencias e ingeniería del mundo real del siglo XXI.

Para la transferencia de conocimientos es indispensable el desarrollo de talleres conjuntos entre los que proveen el conocimiento y los que lo reciben. Es un compromiso mutuo, interactivo y personal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Grupo de Investigación Educativa en Ciencias Básicas y la Red de Investigación y Enseñanza en Matemática Experimental de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, han adoptado el paradigma "Pedagogía STEM", dedicando varios años al diseño y desarrollo de recursos pedagógicos. Estos son brindados en forma abierta y gratuita a la Sociedad, a los fines de mejorar la educabilidad de jóvenes, particularmente de habla hispana.

Por una parte se han desarrollado materiales de enseñanza experimental de mecánica (cinemática y dinámica) y sesiones de electricidad experimentales (Bosch et al., 2005). En cuanto a química y biología, se han producido varias sesiones experimentales de temas básicos (Bosch et al., 2007; Bosch et al., 2009).

Respecto de matemática, se han desarrollado materiales relacionados con modelos de funciones, así como de derivación e integración utilizando los SAC y sus capacidades de graficación (Bergero et al., 2009a; Bergero et al., 2009b).

La metodología de trabajo entre la Unidad Ejecutora y las instituciones de enseñanza media, terciaria y universitaria seguida en este proyecto es similar a la seguida en proyectos desarrollados en otras Unidades Ejecutoras del exterior. En primer término, la Unidad Ejecutora debe contar con una infraestructura de investigación educativa en ciencias basada sobre recursos humanos, laboratorios, equipamiento y conocimiento. En segundo término, deben realizarse investigaciones en enseñanza de las ciencias y producir los materiales correspondientes. En tercer término, se debe transferir el conocimiento, la metodología y los materiales a los docentes secundarios mediante la organización de Workshops y escuelas de verano o de invierno. En último término, los docentes deben aplicar estos conocimientos y metodologías con sus propios alumnos.

La vinculación de las actividades de este Proyecto con el currículo escolar es su principal objetivo. Es indispensable que los alumnos adquieran capacidades de experimentación en las mismas materias del currículo escolar, desarrollando experiencias del currículo se mejora el aprendizaje de las materias y se introduce la modalidad de experimentación, ya que en general, en la escuela secundaria prácticamente no se experimenta, sólo se enseña en clases del profesor con tiza y pizarra; resulta útil al profesor que se experimente en temas del currículo. De esa manera también él está obligado a actualizarse e interactuar con pares de las Universidades. Se menciona en la Tabla 1, como resumen, el tipo de experiencias realizadas con docentes y alumnos.

Se mencionan a continuación los casos de organización de proyectos con producciones similares en algunas instituciones del exterior no incluidas en las referencias.

The Center for Education Integrating Science, Mathematics, and Computing (CEISMC) (Georgia, USA).

Es una asociación de modalidad "cluster del conocimiento" entre el *Georgia Institute of Technology* con otros grupos educativos, escuelas, corporaciones, Organizaciones No Gubernamentales, dentro del Estado de Georgia. El objetivo común es asegurar que los estudiantes primarios y secundarios reciban la mejor posible preparación en ciencia, matemática y tecnología a los efectos de que encuentren un lugar de trabajo en el mundo moderno. CEISMC y sus organizadores reconocen que la comprensión científica y matemática es un camino para enriquecer las experiencias del hombre. Además, existe una preocupación mayor en incrementar el nivel de comprensión de los estándares tecnológicos que se imponen en la sociedad.

Consortio de Lehigh Valley (Lehigh, New Jersey, USA).

Se ha creado este consorcio para reforzar la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática de los alumnos primarios y secundarios. El Proyecto o Idea Fuerza aspira a reforzar la experiencia educativa de los alumnos del Lehigh Valley mediante la introducción de graduados y post graduados universitarios como docentes secundarios en las aulas de STEM. Los nuevos docentes introducirán aprendizaje por exploración y conjetura utilizando multimedia y otras tecnologías innovadoras.

Tabla 1: Algunos contenidos sumarios temáticos de Biología, Física, Medio Ambiente y Química relacionados con las experiencias realizadas

Fenómenos	Biología	Física	Medio Ambiente	Química
a) Presión de gas	Acción enzimática Ósmosis Fermentación (efecto de temperatura)	Relación presión volumen y presión temperatura de gases Ley de Boyle	Colección de datos de temperatura en suelo, agua y atmósfera Humedad relativa	Presión de vapor de líquidos
b) Acidez (pH) de una solución	Ácidos y Bases		Acidez del suelo y agua Lluvia ácida Estudio de cuencas	Curvas de titulación Titulación ácido - base Constante de disociación de gases
c) Conductividad eléctrica	Difusión a través de membranas Soluciones conductoras	Conductividad de agua salina	Salinidad del suelo Sólidos disueltos Desalinización	Electrolitos y no electrolitos Punto de equivalencia en el efecto de concentración de soluciones
d) Temperatura	Oxígeno disuelto en agua Biodiversidad	Reacciones endotérmicas y exotérmicas Calor de fusión Contenido de energía en alimentos Absorción de energía radiante	Temperatura del suelo, agua y atmósfera Reflexión y absorción de radiación solar	Presión de vapor de líquidos Efecto de temperatura en la solubilidad Calor de combustión
e) Contenido de O ₂ CO ₂ en una mezcla de gases	Fotosíntesis y respiración Acción enzimática			
f) Diferencia de tensión eléctrica		Tensión de baterías	Celdas fotovoltaicas	Tabla de potenciales de reducción, celdas micro-voltaicas
g) Corriente eléctrica		Estudio de circuitos eléctricos	Celdas fotovoltaicas	
h) Movimiento de cuerpos		Cinemática y dinámica de cuerpos		

The Concord Consortium (Massachusetts, USA).

Proyecto de mejora de la enseñanza de las ciencias. Aspira a demostrar el uso efectivo de la tecnología haciendo practicar a docentes y alumnos de ciencias. Se propone la utilización de sensores, interfaces y computadora para ayudar a los alumnos a crear, refinar y aplicar modelos a los efectos de mejorar la comprensión de las ciencias.

Technical Education Research Centres (TERC) (Massachusetts, USA).

El currículo solo no asegura que los alumnos alcancen un grado aceptable de aprendizaje en ciencia y puedan rendir buenos exámenes. TERC asegura una preparación especial a profesores de ciencias y matemática mediante una oferta de carreras de desarrollo profesional en STEM.

Institut de France. Academie des Sciences. Enseignement (Paris, Francia)

La Academia ha organizado una delegación de educación y formación y un comité de enseñanza de las ciencias, a fin de disponer de instancias de acción y reflexión necesarias que confirman su interés en cuestiones de la enseñanza cuyo testimonio es la operación de "La main à la pâte" (Las manos en la masa).

Es de destacar que este Proyecto francés se ha extendido a muchas partes del mundo, inclusive en la Argentina. Existe un acuerdo de cooperación entre la Academia de Ciencias de Francia y la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Argentina. El director del Proyecto, Pierre Léna, ha visitado varias veces Argentina en oca-

sión del desarrollo del Proyecto y ha presentado el Libro traducido al español "Los niños y la ciencia. La aventura de la mano en la masa".

The Center for Curriculum Materials in Science (CCMS)

Es una colaboración de la American Association for the Advancement of Science (AAAS), Michigan State University y Northwestern University. Está focalizada en la producción, análisis, diseño y uso de materiales curriculares para el desarrollo de nuevos líderes de educación en ciencias, matemática y tecnología.

Miami Dade College – Feria de ciencias

Entre las categorías de la feria de ciencias están: Ciencias Conductuales y Sociales; Bioquímica; Botánica; Química; Computación; Ingeniería; Matemáticas; Microbiología; Zoología; Ciencias de la Tierra y Planetarias; Ciencias del Medioambiente; Física; Astronomía; Medicina y Salud.

CONCLUSIONES

Se han fijado las bases de la Pedagogía STEM y se han perfeccionado criterios de pertinencia para la institución de un nuevo paradigma común de enseñanza de ciencias, tecnología, ingeniería y matemática, derivados de políticas de diferentes países. A los efectos de implantarlos en instituciones de habla hispana para el mejoramiento de la calidad educativa, se han desarrollado varios temas auto contenidos de matemática, física, química y biología, asistidos por tecnología electrónica e informática, que se encuentran a disposición para su réplica.

Para su amplia implantación es preciso desarrollar un intenso programa de extensión a los efectos de interesar a escuelas, directivos y profesores de ciencias sobre el enfoque experimental de la enseñanza de ciencias y matemática utilizando tecnologías actuales, así como proveerles a docentes de recursos tanto para realizar experiencias como guías de ayuda para su desarrollo profesional.

Esta nueva propuesta sobre cambio sustancial en la forma de enseñar las ciencias está conducida por el lema: *Reunir, Conectar y Transformar*.

Reunir a docentes para mostrarles el trabajo realizado y experimentar en workshops con ellos.

Conectar a los establecimientos secundarios y "colleges" con las fuentes del saber actualizado y transferirles nuevos conocimientos y nuevas tecnologías

Transformar las instituciones logrando que se abandone la actitud pasiva actual de los alumnos, pasando a una actitud activa hacia la indagación (qué pasaría si ...).

En conclusión, soñemos en grande usando todos los recursos tecnológicos actuales, creando nuevos materiales educativos, nuevas metodologías y nuevas instituciones para el aprendizaje de las ciencias.

REFERENCIAS

Altablero (2008-2009); *Formar para la ciencia, la tecnología y la innovación*, N° 48, Edición diciembre 2008 – enero 2009. <<http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-183960.html>>. Acceso: 6 de noviembre de 2010.

Bayley, D.; Borwein, J.M.; Calkin, N.J.; Girgensohn, R.L.; Moll, V.H. (2008); "*Experimental Mathematics in Action*", Second Ed. Editorial A. K. Peters, New York. [http://bib.tiera.ru/dvd52/BaileyH.,Borwein J.M.- \(309\).pdf](http://bib.tiera.ru/dvd52/BaileyH.,Borwein J.M.- (309).pdf). Libro digital, pps 23-25, Chapter 4. Exploration and Discovery in Inverse Scattering, pp 82-114. Acceso: continuo (consulta permanente).

Bergero, M.S.; Bosch, H.E.; Carvajal, L.; Di Blasi, M.A.; Geromini, N.S.; Guzner, C. (2009a); "*Innovations in Educational Research and Teaching of Experimental Calculus*". International Conference on models in developing mathematics education, Dresden, Septiembre 13-16, Alemania.

Bergero, M.S.; Bosch, H.E.; Carvajal, L.; Di Blasi, M.A.; Geromini, N.S. (2009 b); "*Innovaciones en investigación y enseñanza experimental de Cálculo – Vol. 1. Modelos Funcionales*". Editorial Dunken, Buenos Aires. Argentina.

- Biblioteca Nacional de Chile (2010); "*Corea y su modelo educativo: un socio para el futuro*" (reportaje). http://asiapacifico.bcn.cl/reportajes/corea_modelo_educativo. Acceso: 20 de noviembre de 2010.
- Bosch, H.; Bosio, D.; Sterzovsky, M. (2005); "*Lecciones de Mecánica Experimental*", Vol. 1. *Cinématica*; Vol. 2. *Dinámica*. Editado por la Facultad Regional Buenos Aires, UTN, Argentina. Publicación interna. <http://www.funprecit.org.ar/LINCES/index.html>
- Bosch, H.E. (Director de proyecto) (2007); Fac. Reg. Gral. Pacheco-Unidad ejecutora; subvencionado por el Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología, Prog. de Apoyo al Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias y Fundación YPF; *Laboratorio Integral de Ciencias para la Escuela Secundaria*, Ed. Dunken, Buenos Aires, Argentina.
- Bosch, H.E.; Bosio D.O.; Pelem, M.E.; Scaiola, M.V.; Sterzovsky M.N., (2009); "*Lecciones de Química Básica Experimental asistidas por tecnologías electrónica e informática*". Editorial Dunken, Buenos Aires, Argentina.
- Borwein, J.; Bayley, D. (2007); "*Mathematics by Experiment: Plausible reasoning in the 21st Century*". First Ed., Editorial A. K. Peters, New York. Variados capítulos. Acceso: continuo (consulta permanente)
- Crombie, W. (2008); "*Algebra and Foundations of University Calculus: A theoretical reconstruction*". ICME XI. 11th International Conference on Mathematical Education; Poster Presentation and Round Tables; pp 15; Julio 9, Querétaro, Mexico. <http://icme11.org>.
- Cumbre Europea (2010); "*Beyond 2000: Science education for the future*". The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation; <http://www.summit2010.nl/english>. Acceso: 20 de noviembre 2010.
- CYTED (2009); "*Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*". Asamblea General celebrada en Urubamba, Perú; 27 de noviembre de 2009. Documento; www.cytcd.org/cytcd.../ Acceso: 27 de noviembre de 2009.
- DQME -Developing Quality in Mathematics Education - A European Network (2004); <http://www.dqme.uni-dortmund.de>. Acceso: 15 de julio de 2009.
- ERA-European Research Area (2008); *Conclusiones del Consejo sobre la definición de una "Visión 2020" para el Espacio Europeo de Investigación, Anexo*; <http://register.consilium.europa.eu/pdf/es/08/st16/st16767.es08.pdf>, Acceso: consulta permanente.
- GAO (2005); U.S. Government Accountability Office. *Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics Programs and Related Trends*, GAO-06-114, Oct. 2005. <http://www.gao.gov/new.items/d06114>. Acceso: consulta permanente.
- Hohenwarter, M. (2004); *Steigung und Ableitung einer Funktion mit GeoGebra*. www.geogebra.org. Acceso: 20 de octubre 2008.
- IST-Information Society Technology (2010); Results. <http://cordis.europa.eu/ictresults/index.cfm>. Acceso: 28 de octubre de 2010.
- NEU (2010); Northeastern University-The Center for STEM Education. <http://www.stem.neu.edu>. Acceso: 13 de septiembre de 2010.
- NIE (2010); Singapore National Institute of Education. <http://www.nie.edu.sg>. Acceso: 15 de octubre de 2010.
- PISA (2010); Program for International Student Assessment. Presentation of PISA 2010 Results. http://www.oecd.org/document/7/0,3746,en_21571361_44315115_46635719_1_1_1_1,00.html; Acceso: 10 de octubre de 2010.

- PRIMAS (2010); Promoting Inquiry in Mathematics Education. 7FP Unión Europea. PDF file. <http://www.nottingham.ac.uk/education/documents/research>. Acceso: 10 de octubre de 2010.
- REMATH (2010); Representing Mathematics with Digital Media. The Amusement Park, <http://remath.cti.gr>. Acceso: 12 de marzo de 2010.
- Seminar (2010) - Seminar for teachers and teacher trainers. Teacher Competencies for Education for Sustainable Development, Innsbruck, Austria. <http://support-edu.org/Teacher>. Acceso: 3 de noviembre de 2010.
- Terry, R.; Shumway, S.; Vargas, C.; Wright, G. (2010); "*A collaborative effort to teach technology and engineering concepts to middle school and high school students in the Dominican Republic*"; Proceedings of ASEE :9th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Singapore. <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505>, pp 3-13. Acceso: 25 de octubre de 2010.
- The White House (2010); "*Educate to innovate*"; <http://www.whitehouse.gov/issues/education/educate-innovate>. Acceso: 2 de noviembre de 2010.
- Thornton, R.K. (1986); Director, Center for Science and Math Teaching, Tufts University. <http://ase.tufts.edu/csmt/> Acceso: consulta permanente.
- Waters, C.; Krause, S.; Kelly, J. (2010); "*It's so easy a cavernman can do it: Teaching introductory material science for increased student engagement*", Proceedings of ASEE: 9th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Singapore. <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23505>, pp 2-15. Acceso: 25 de octubre de 2010.
- WIR (2010); Wolfram Research Institute. "*Iniciativas STEM de Wolfram Research*". www.wolfram.com. Acceso: 5 de noviembre de 2010.