

# INVESTIGACION EN APRENDIZAJE DE LA CIENCIA, LA MATEMATICA Y LA TECNOLOGIA: FUNDAMENTO PARA EL DESARROLLO

Fernando Cajas

División de Ciencias de la Ingeniería, Centro Universitario de Occidente

Universidad de San Carlos de Guatemala

[fercajas@hotmail.com](mailto:fercajas@hotmail.com)

## RESUMEN:

Esta presentación describe algunos aspectos que deben considerarse al diseñar planes encaminados a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, la matemática y la tecnología de una población. La pregunta fundamental que intento atacar es: ¿cual es la relación entre contenidos científicos, matemáticos y tecnológicos que deben ser generados para educación general y su aprendizaje?

Se discute el papel de la investigación en didáctica de la ciencia y la tecnología así como en Matemática Educativa que puede iluminar la formación de planes de esta naturaleza. Se sugiere la construcción de planes pilotos que sirvan para recolectar información acerca de las condiciones en las cuales los estudiantes aprenden ideas importantes de ciencia, matemática y tecnología. Se utilizan datos empíricos provenientes de proyectos pilotos de Latinoamérica (Cajas, 1999b).

## INTRODUCCION

Aunque vivimos en una sociedad dominada por la ciencia, particularmente dominada por los productos tecnológicos de la ciencia, los ciudadanos de las sociedades autodenominadas desarrolladas y llamadas en vías de desarrollo en general carecen de un conocimiento científico, matemático y tecnológico relevante para sus vidas como individuos, trabajadores y ciudadanos (Wynne, 1995; Cajas, 1999a). En ambos tipos de países, la población general aun no tiene acceso a un conocimiento científico, matemático y tecnológico que pueda hacer sus vidas más plenas, sus actividades más productivas y su participación política más efectiva. La ciencia aun guarda su carácter elitista que ha caracterizado su historia. De allí que la planificación de programas que puedan incrementar el nivel de alfabetización científica, matemática y tecnológica sea de primera importancia para todo tipo de país, particularmente los países latinoamericanos.

Durante las últimas tres décadas se ha dado un cambio fundamental en la manera de plantear los problemas de la enseñanza y principalmente el aprendizaje en ciencia y matemática. Por muchos siglos las decisiones acerca de la enseñanza de estas materias ha bian estado dominadas por ideologías y creencias sin ningún sustento científico-teorico ni evidencia empírica. La historia es similar a lo que sucedió siglos atrás en física. Por milenios filósofos y teólogos especularon acerca de la naturaleza del movimiento de los objetos. Por ejemplo, Zenon, el filósofo griego de Elea, creo paradojas mentales, sin ningún sustento empírico, para ilustrar contradicciones acerca del movimiento. El cambio fundamental se dio cuando las explicaciones acerca del movimiento de los cuerpos fueron contrastadas empíricamente. Galileo rompió drásticamente con la ideología dominante y sugirió que el problema de explicar el movimiento de los cuerpos debería explicarse teóricamente y contrastarse empíricamente. La contribución fundamental de Galileo fue su posición de que hipótesis, esto es explicaciones acerca del funcionamiento de cualquier sistema y/o sus componentes, deben constatar, aceptarse o refutarse basados en evidencia empírica (Arons, 1997). De una manera similar Jean Piaget basó sus investigaciones en explicaciones teóricas sustentadas con evidencia empírica que soporta o refuta sus explicaciones acerca del aprendizaje de conceptos científicos y/o matemáticos. Con esto Piaget y sus seguidores contemporáneos revolucionaron la manera de afrontar los problemas de aprendizaje.

Es en este devenir social que al iniciar el Siglo XXI existe una tendencia a alejarse de un paradigma<sup>1</sup> educativo *tradicional* donde enseñar es “hablar” y aprender es “repetir”. En el caso de educación científica por mucho tiempo se sostuvo que enseñar ciencia era dar clases magistrales y aprender era memorizar los hechos importantes que el profesor decía. El caso de matemática es similar con el agravante de que se pensó que la estructura lógica de la matemática debería dominar el contenido y la instrucción matemática, particularmente a los niveles de bachillerato y principalmente universitarios. En los niveles de pre-primaria la situación es mucho más dramática pues los contenidos de ciencia y matemática no han sido siquiera pensados ya que se cree, erróneamente, que las niñas y niños a estas edades solo deben de “jugar” y que no están preparados para aprender conceptos y procesos científicos “complicados”. “Jugar” ha sido mal interpretado y no se diseñan ambientes donde los infantes puedan construir, jugando, elementos básicos para su educación científica y matemática. Sin embargo, los trabajos de Piaget y de muchos científicos cognitivos contemporáneos han proveído evidencia empírica que soportan que en determinadas condiciones los niños y niñas pueden apropiarse de ideas y procesos científicos poderosos. A la vez la psicología cognitiva ha demostrado que para aprender ciencia y matemática los niños y niñas tienen que tener oportunidades de reconstruir conocimientos y procesos claves desde edades muy tempranas (NRC, 2000).

Paralelamente a los trabajos de científicos cognitivos, esto es, durante la década de 1970-1980, una serie de investigaciones empíricas desarrolladas alrededor del mundo por la emergente didáctica de la ciencia y la matemática (llamada *science and mathematics education* en los países sajones y *didáctica de la ciencia y matemática educativa* en Latinoamérica) revelaron que los estudiantes no aprenden la ciencia ni la matemática que se les enseña (Driver, et al, 1987). Estas investigaciones cubrieron una gama de conceptos científicos (por ejemplo, fuerzas, energía, fotosíntesis, células, etc.) asociados a fenómenos naturales (esto es, movimiento de objetos, el clima Terrestre, producción de alimento, crecimiento de las plantas, etc.) y conceptos matemáticos (por ejemplo, fracciones, proporciones, funciones, álgebra, cálculo, etc.). Estos estudios sientan las bases teóricas y empíricas para repensar la manera en que generamos conocimiento científico, matemático y tecnológico para la educación general así como para planificar como producir recursos que pudieran soportar el aprendizaje de estos contenidos (ver un resumen de dicha investigación en AAAS, 1998, capítulo 15).

## **CONTENIDOS: EL PRINCIPIO DE UN PLAN COHERENTE**

Esta presentación describe algunos aspectos que deben considerarse al diseñar planes encaminados a mejorar el aprendizaje de la ciencia, la matemática y la tecnología de una población. La pregunta fundamental que intento atacar es: ¿cuál es la relación entre contenidos científicos, matemáticos y tecnológicos que deben ser generados para educación general y su aprendizaje? Esto es, intento proponer un esquema que describa y que pueda usarse para mejorar ostensiblemente la educación científica, matemática y tecnológica no solo de unos cuantos individuos escogidos por el sistema para realizar estudios científico-tenologicos sino mejorar el nivel de educación científica y tecnológica para la gran mayoría de una población. Parto de la hipótesis de que lo más importante para planificar un programa coherente de mejoramiento del aprendizaje de la ciencia, la matemática y la tecnología es precisamente

---

<sup>1</sup> Aquí la palabra “paradigma” significa una manera mas o menos estable de ver y hacer cosas. Un paradigma incluye una visión del mundo así como estrategias particulares para afrontar problemas dentro de una disciplina.

aclarar que es lo que queremos de dicha educación. Para ello lo primero que se requiere es generar un sistema (más que un agregado o un conjunto) de contenidos, esto es un sistema de conceptos y procesos coherentes y relevantes que permitan la formación de la persona humana que al final de la educación general.

## **LA INCOHERENCIA ES LA NORMA ACTUAL**

La generación de contenidos es una actividad fundamental de cualquier plan para mejorar el aprendizaje de la ciencia, la matemática y la tecnología. Usualmente esto ha sido mal interpretado como la generación de listas de tópicos y objetivos instruccionales comunmente incoherentes, esto es, contenidos que no están relacionados los unos con los otros y que son irrelevantes para la educación general. Y aquí no importa si quienes generan esas listas son científicos, matemáticos o científicos individuales o si se copian del índice de los libros de texto o aun si son generadas por docentes en servicio. Casi siempre los contenidos son incoherentes e irrelevantes.

Los contenidos son incoherentes porque no se han pensado globalmente y porque tampoco han sido pensados en términos de como construirlos desde la pre primaria hasta la educación secundaria y menos la universitaria. Aun en matemática, donde se supone que la estructura lógica de dicha disciplina es capaz de proveer coherencia local y global, nos encontramos ante contenidos que difícilmente se conectan unos con otros. Así, el primero año básico se introduce a los estudiantes a las nociones de lógica y teoría de conjuntos. Luego se les mueve al álgebra donde se les enseñan varios, varios, casos de factorización. Luego se les enseña un poco de trigonometría y en algunos casos geometría. Pero este fiambre de contenidos no se relaciona el uno con el otro. Aunque es posible generar cierta coherencia que explique el papel de lógica y teoría de conjuntos en la construcción de contenidos matemáticos escolares, la situación actual no incluye dicha visión. Así, se ha introducido la teoría de conjuntos pero no se le ha utilizado para construir el contenido matemático escolar. La visión algebraica nunca se conecta con lógica sino mas bien se basa en la enseñanza memorística de una serie de casos de factorización irrelevantes para los estudiantes y aun para los docentes quienes se ven en el dilema de enseñar una matemática incoherente y descontextualizada.

La matemática escolar latinoamericana no esta sola. La física, la química y la biología escolar son agregados de algunos conocimientos físicos, químicos y biológicos usualmente irrelevantes que forzan a los estudiantes a memorizar piezas de contenidos muertos que tienen sus orígenes en una conceptualización de las ciencias naturales totalmente desvinculada con la realidad. La física impone una estructura más histórica que didáctica donde los estudiantes memorizan definiciones de cinemática y dinámica sin tener acceso a ideas claves que puedan explicar una serie de fenómenos.

## **CONSTRUYENDO CONTENIDOS RELEVANTES Y COHERENTES**

En cada área de acción humana, disciplina o profesión, incluyendo en ciencia, matemática y tecnología, siempre hay más material que nos gustaría que los estudiantes aprendieran de lo que hay tiempo para que éstos lo aprendan. Por lo tanto, es necesario tener sumo cuidado al identificar un grupo de contenidos básicos de aprendizaje que se apoyen mutuamente. Dicha selección y construcción de conocimiento nuevo escolar depende de los objetivos que tiene la educación. En el contexto de la educación científica, el criterio más importante debería ser la democratización de la ciencia, la matemática y la tecnología. En el caso particular de los

cursos de ciencias y matemática estos no deberían ser filtros para la producción de elites académicas sino oportunidades para que los alumnos de todos los estratos sociales se apropien de conocimientos científicos y matemáticos poderosos que les permitan tener una vida más interesante, productiva y participativa. Estos tres objetivos de la educación científica y matemática están relacionados con objetivos de la educación general, a saber: su naturaleza cultural (una vida más interesante), su función económica (una vida más productiva) y su objetivo político (una vida con más participación ciudadana).

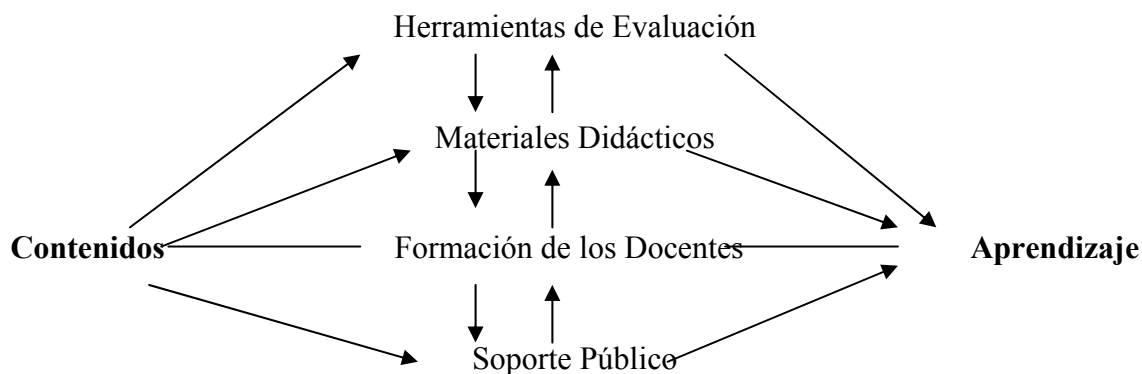
## **CONCEPTUALIZANDO UN PLAN COHERENTE**

Para mejorar sustancialmente la educación científico, matemática y tecnológica de todos los miembros de una sociedad, hombres y mujeres, se requerirá desarrollar programas pilotos con docentes y personas especializadas en la enseñanza y particularmente el aprendizaje de la ciencia, matemática y tecnología (Cajas, 2000, 2001 para el caso de tecnología). Estas personas tienen que invertir parte de su tiempo en generar planes de mejoramiento educativo. En el mejor de los casos dichas personas ya existen. Pero lo más probable es que hay que formar a estas personas. No es posible seguir improvisando y dejando en manos de escritores de libros de texto sin formación científica ni didáctica, docentes sin preparación especializada o políticos cuyo interés no es la educación científica de todos los guatemaltecos, las decisiones acerca del contenido científico, matemático y tecnológico que nos pueda sacar del subdesarrollo.

A la vez de que se forman cuadros que puedan dirigir un movimiento de creación de contenidos coherentes, se requiere la creación de las herramientas conceptuales y las condiciones sociales que puedan soportar un proceso de largo alcance que pueda mejorar el aprendizaje de la ciencia, matemática y tecnología. Ya la generación de una serie de contenidos coherentes y relevantes es de por sí un primer elemento de un plan eficiente. Luego podrá trabajarse a nivel de proyectos piloto para explorar cuál es el tipo de formación profesional que requieren los docentes en servicio. Esto llama por el desarrollo de herramientas efectivas de evaluación de aprendizaje de *esos* contenidos lo cual no es inmediato. La premisa fundamental de un movimiento educativo como este es que cambia el significado de qué significa aprender. Esta nueva visión de aprendizaje como la conceptualización y aplicación de conceptos científicos y matemáticos poderosos requiere técnicas de evaluación mucho más sofisticadas que la evaluación de procesos memorísticos de hechos científicos o algoritmos matemáticos.

Si los programas piloto, guiados por contenidos coherentes, empiezan a dar información acerca de las condiciones en las cuales los docentes guatemaltecos pueden aprender los conceptos y procesos científicos, matemáticos y tecnológicos que han sido identificados y que guían todo este plan, entonces será posible empezar a crear materiales curriculares que efectivamente puedan ayudar a los docentes y estudiantes a enseñar y aprender *dichos contenidos*. Esto tampoco es inmediato, durante los proyectos piloto será preciso estudiar la naturaleza de los materiales curriculares y cómo estos van a poder darle soporte a los docentes. Los materiales curriculares son más que proveedores de contenidos científico, matemático o tecnológico. Estos deben soportar a los docentes y a los estudiantes a construir ideas fundamentales de la ciencia, matemática y la tecnología (Roseman, et al, 2000). Se debe conocer las condiciones en las cuales las actividades didácticas en dichos materiales son reproducibles (Lezama & Farfán, 2001).

Todo el proceso anterior, desde la creación de los contenidos hasta la exploración de la naturaleza del desarrollo profesional docente que se requerirá, las herramientas de evaluación y los recursos didácticos, pueden desarrollarse en el ámbito de proyectos pequeños que provean datos empíricos concretos sobre las condiciones en las cuales los docentes guatemaltecos aprenden a enseñar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos específicos. El proceso va a requerir desde sus inicios de un soporte público (padres de familia, universidad, escuelas, prensa, comercio, industria, etc.) a que apoyen un movimiento para salir del subdesarrollo académico en ciencia, matemática y tecnología. Abajo una representación gráfica de este proceso.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS. (1998). *Avances en el Conocimiento Científico*. México. Harla.  
<http://www.project2061.org/español>
- AAAS. (1997). *Ciencia Conocimiento para Todos*. México: Harla.  
<http://www.project2061.org/español>
- Black, P.& Atkin, M. [Editos]. (1996). *Changing the subject: Innovation in science, mathematics and technology education*. Routledge: London
- Cajas, F. (2001). The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7), 715-729.
- Cajas, F.(2000). Technology Education Research: Potential Directions. *Journal of Technology Education*, 12(1), 75-85  
 (disponible en <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v12n1/pdf/cajas.pdf>)
- Cajas, F. (1999). The Public Understanding of Science: Using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.
- Cajas, F. (1999b). Science Literacy: Project 2061/AAAS Experiences in Panama. *TecKnowLogia*, 2(3), 30-33. <http://www.techknowlogia.org>
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- National Research Council. (2000). *How People Learn*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Lezama, J., Farfán. R.M. (2001). Introducción al estudio de la reproducibilidad. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. Vol. 4, No.4, 161-193.

Roseman, J.E. Kosidou, S. , Stern L.& Cadwell, A. (1999). *Heavy books light on learning*. Science Books & Films. Vol. 35, No. 6,243-247.

Wynne, B. (1995). Public understanding of science. In S. Jasanoff, G. Markle, J. Petersen and T. Pinch (Eds), *Handbook of Science and Technology Studies* (pp. 61-388). California: Sage.