Riesgos de la innovación curricular en matemáticas[1]

Pedro Gómez

"En la enseñanza se pueden tomar atajos; en el aprendizaje no" (p. 106)
"La cognición no es un proceso acumulativo" (p. 125)
Sierpinska (1994)

Introducción

El proceso de descentralización curricular que se vive actualmente en el país con motivo de la nueva Ley General de Educación (MEN, 1995a) y la obligación que tienen las instituciones de educación básica, media y secundaria de producir un proyecto educativo institucional —PEI— (MEN, 1994, 1995b) son dos factores que han generado nuevas condiciones en los procesos de diseño y desarrollo curricular de las escuelas del país. Estas dos nuevas condiciones del sistema educativo están obligando a las instituciones y a sus profesores a enfrentar de manera directa y urgente problemas de innovación curricular (Gómez y Valero, 1995). En el nivel universitario se vive también un ambiente continuo de renovación curricular como consecuencia, en la mayoría de los casos, de presiones externas —como, por ejemplo, conflictos entre grupos, intervención administrativa y compromisos adquiridos (Conrad,1995) y de los resultados que se obtienen en la formación matemática de los estudiantes.

Una proporción importante de estos esfuerzos de innovación curricular tienden a mirar la innovación desde el punto de vista de cambios en la secuencia de temas que conforman el contenido, en los libros de texto, en las metodologías de enseñanza y en la utilización de nuevas tecnologías informáticas (computadores y calculadoras). En muchas ocasiones, estos cambios curriculares no tienen en cuenta explícitamente los procesos cognitivos que son necesarios para lograr una apropiada comprensión por parte del estudiante, ni las condiciones que imponen en el conocimiento matemático y didáctico del profesor y en su visión de la naturaleza de las matemáticas, de su enseñanza y de su aprendizaje. En estos casos, se pueden crear situaciones que reafirman la tradición de las matemáticas escolares. Esta tradición, expresada en la enseñanza y aprendizaje de algoritmos que permiten transformar unas expresiones simbólicas en otras, genera un tipo de comprensión matemática extremadamente parcial, con muy poca retención y transferencia. Una verdadera comprensión matemática, con la que el estudiante pueda "ver" y trabajar con los objetos matemáticos, a partir de estructuras mentales que contengan diversas representaciones de esos objetos, no se puede lograr con base en este tipo de visión de las matemáticas, de su enseñanza y de su aprendizaje. La "buena" formación matemática requiere que el estudiante tenga la oportunidad de vivir procesos cognitivos a lo largo del tiempo que le permitan reorganizar sus formas de conocimiento.

Se corren entonces riesgos que solamente se reconocen dos o tres años después de haber introducido los cambios. Estos riesgos se expresan en una mayor mortalidad de los estudiantes o en una menor calidad de la formación matemática de los mismos, o en ambas. Los diseñadores de currículo deben tener en cuenta estos riesgos. Ellos deberían

1. Una versión resumida de este artículo fue publicada en: Gómez, P. (1996). Riesgos de la innovación curricular en matemáticas. *Colombia, Ciencia y Tecnología*. 13 (4), pp. 25-36. La versión completa fue publicada en: Gómez, P. (1996). Riesgos de la innovación curricular en matemáticas. *Revista EMA*. 1 (2), pp. 97-114.

centrar su atención en el estudiante en cambio de centrarla en el contenido y deberían definir la formación matemática en términos del tipo de comprensión, de las capacidades que se deducen de ella y de las necesidades matemáticas que el estudiante tiene para su carrera académica y profesional, en cambio de definirla exclusivamente en términos de temas vistos (enseñados y no necesariamente adecuadamente aprendidos).

En este artículo se presenta, en primera instancia, una descripción de la tradición de las matemáticas escolares, con sus ventajas y desventajas. En seguida, se describe una alternativa a este esquema de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, con sus cualidades y dificultades. Finalmente, se exponen los riesgos de introducir cambios curriculares que no tengan en cuenta las condiciones que ellos imponen sobre los estudiantes y el profesor.

Tradición de las matemáticas escolares

Un estudiante puede tener diferentes "niveles" de comprensión de las matemáticas, en general, y de un concepto, en particular. Sin embargo, hay dos extremos. En el primer extremo, la comprensión del estudiante es esencialmente procedimental y simbólica. "Saber matemáticas" significa para el estudiante conocer un número suficiente de procedimientos (algoritmos) que le permitan transformar una expresión simbólica en una sucesión de otras expresiones, de tal forma que la última expresión de la lista tenga la forma que él reconoce como válida para proponer una respuesta. El estudiante debe ser capaz de reconocer qué algoritmos le corresponden a qué situaciones, debe conocer una forma válida del algoritmo y debe ser capaz de aplicar el algoritmo de manera correcta. Esta forma de ver y de trabajar en matemáticas es muy común —la mayoría de los estudiantes que entran a la Universidad de los Andes la tienen (Gómez,1996) y las evaluaciones que se han hecho en las escuelas colombianas así lo demuestran (MEN, 1992)—y es producto, al menos parcialmente, de una tradición de las matemáticas escolares de la cual el estudiante no es el único partícipe (Gregg,1995). Esta visión de las matemáticas escolares no solamente se refiere al tipo de comprensión que tiene el estudiante, sino también al tipo de visión que el estudiante, el profesor y la institución tienen acerca de lo que son las matemáticas, de lo que significa aprender y comprender matemáticas y de lo que para ellos debe ser la enseñanza de las mismas (Perry y Gómez, en prensa). Para ellos, las matemáticas son principalmente un gran conjunto de expresiones simbólicas (fórmulas); saber matemáticas es conocer los algoritmos que permiten transformar estas expresiones en otras; y quien enseña bien matemáticas es aquel profesor que es más claro en presentar los algoritmos, en lograr que los estudiantes los retengan y en evaluar "justamente" este conocimiento (poniendo en las evaluaciones ejercicios que "mantengan la forma" —sean equivalentes desde el punto de vista del algoritmo— de los ejemplos y ejercicios que se han hecho en clase). La construcción de la tradición de las matemáticas escolares tiene múltiples fuentes. Sin embargo, esta situación es común y permanente porque enseñar y aprender matemáticas de esta forma es lo más cómodo para todo el mundo: para el estudiante, para el profesor y para la institución (Kilpatrick,1995b).

Es una situación muy cómoda para el estudiante: él no tiene que "pensar"; él solamente tiene que ser capaz de identificar los algoritmos a partir de la "forma" en que se hacen los ejemplos en el libro de texto y en el salón de clase, de registrarlos apropiadamente en su memoria y de "aplicarlos" adecuadamente cuando se le requiere en las evaluaciones. Que este tipo de aprendizaje sea el más cómodo para el estudiante, no quiere decir que sea fácil lograrlo y, por esa razón —entre otras—, aparece la problemática de las matemáticas escolares. No es fácil porque este tipo de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas es algo que está en el ambiente, pero que no se hace explícito: el profesor no escribe los algoritmos en el tablero, ni el libro de texto describe explícitamente los procedimientos para aplicar estos algoritmos. Tampoco es fácil porque este tipo de comprensión requiere que el estudiante sea capaz de realizar operaciones mentales que van más allá de la identificación o discriminación de objetos concretos. Por lo tanto, los estudiantes que tienen éxito en las matemáticas escolares son aquellos que descubren el "esquema": son quienes tienen la capacidad de identificar y abstraer tanto el algoritmo, como las formas simbólicas a las que se le aplica, a partir de los ejemplos del libro y de los ejercicios que se hacen en clase. Por esta razón, cuando se observa a un estudiante "explicando" matemáticas a otro, la frase que más se repite es "… y cuando usted *tenga esto*, lo que *tiene que hacer* es esto". El primer *esto* es una forma simbólica; el segundo *esto* es un algoritmo o una parte de un algoritmo.

Esta forma de enseñar y aprender matemáticas es también la más cómoda para el profesor. Por una parte, para muchos profesores de colegio, las matemáticas son precisamente aquello que ellos enseñan y que sus estudiantes (al menos algunos) aprenden: un conjunto de reglas y procedimientos que permiten resolver situaciones problemáticas que involucran expresiones simbólicas. Este es el tipo de profesor "entrenador" descrito por Ernest (1991). El conocimiento que el profesor tiene sobre las matemáticas y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las mismas es una restricción que no le permite ser consciente de que tiene esta visión, de que hay visiones alternativas y de que es posible y deseable cuestionar tanto su visión, como su práctica docente (Thompson,1992). El no ve que las matemáticas puedan ser más que eso y tampoco sabe cómo enseñar "otras" matemáticas de otra forma (Dossey,1992). Por otra parte, aquellos profesores que pueden llegar a tener una visión un poco más amplia se ven atrapados por diversos tipos de presiones que los inducen a seguir la tradición. Se encuentran con la presión de los estudiantes que esperan que se les enseñe esas matemáticas, de esa manera. Se encuentran con la presión del departamento de matemáticas del colegio en donde se ha construido una cultura que alimenta y se alimenta de la enseñanza y del aprendizaje tradicional de las matemáticas y que, en muchas ocasiones, rechaza formas alternativas de verlas y enseñarlas. El departamento de matemáticas también los presiona en el sentido de que ellos "deben cumplir un programa" y nunca alcanza el tiempo. Enseñar y evaluar el aprendizaje de algoritmos dentro de un esquema simbólico es la manera más eficiente de cumplir con el programa: el estudiante no tiene necesariamente que *comprender* cosas nuevas; lo que tiene que hacer es *adicionar* nuevos algoritmos al conjunto que ya tiene registrado. Y se encuentran también con la presión del colegio y del entorno porque el objetivo más importante que ellos deben lograr es que sus estudiantes tengan éxito en el examen de estado y en los exámenes de admisión de las universidades y estos exámenes tienden a favorecer a aquellos estudiantes que saben matemáticas de la forma tradicional. Por otra parte, los libros de texto también los "presionan". La mayoría de los libros de texto apoyan este tipo de enseñanza y aprendizaje aún si estos libros pretenden presentar mucha "teoría" y sugerir ejemplos "interesantes". Basta mirar la sección de problemas para encontrar una sucesión (que para el estudiante debe ser casi infinita) de ejercicios con *formas* similares que se resuelven aplicando el mismo algoritmo (Baldor, 1985), dentro del esquema también tradicional de que los problemas en matemáticas siempre tienen una única respuesta y una única forma de llegar a ella (Schoenfeld,1992). En algunos casos tienen una presión adicional: si los estudiantes tienen la oportunidad de evaluar la actuación de sus profesores, esta evaluación tenderá a favorecer a aquellos que enseñan las matemáticas escolares tradicionales porque éstas son las matemáticas que los estudiantes esperan y con las que se sienten cómodos.

Cualesquiera que sean las presiones y las razones por las cuales el profesor se puede sentir cómodo con las matemáticas escolares tradicionales, la mayoría de los profesores de colegio tienden a enseñar matemáticas de esta forma. Y no es que ellos enseñen algoritmos y fórmulas. Prácticamente ningún profesor de colegio aceptaría que eso es lo que él busca en su clase. Pero, lo hacen en la práctica, cuando a través del esquema "revisión de tarea — presentación de teoría — presentación de ejemplos — proposición de una nueva tarea compuesta de ejercicios parecidos a los ejemplos" y a través del tipo de evaluaciones con las que ellos clasifican a los estudiantes, definen lo que es importante y lo que no es importante en el aprendizaje de las matemáticas (Wilson,1995). Esta cultura del salón de clase (Nickson,1992), producto de una negociación acerca de lo que es importante en la clase de matemáticas (al fin y al cabo acerca de lo que son las matemáticas y lo que significa enseñarlas y aprenderlas) al final determina la visión del estudiante acerca de estos temas y el tipo de comprensión que él logra de los conceptos y los procedimientos matemáticos.

Esta forma tradicional de enseñar y aprender matemáticas es también la más cómoda para la institución. Es fácil definir (implícitamente) la competencia en matemáticas con base en esas ideas (Rico et al., 1991). Ser competente en matemáticas significa saber matemáticas de esta manera y esta visión de la competencia se auto–alimenta: la competencia se expresa en el tipo de evaluaciones que se hacen, que son el tipo de evaluaciones que esperan los estudiantes y para las que se preparan, que generan un cierto tipo de comprensión, que es la que el profesor y la institución al final se ven obligados a evaluar. En caso contrario, los estudiantes tendrían malos resultados y eso no sería bueno (¡en principio!) ni para el profesor, ni para la institución (¡y menos para el estudiante!).

¿Qué ventajas tiene esta forma de ver las matemáticas, de enseñarlas y de aprenderlas? Tiene muchas ventajas, aparentemente, a los ojos del estudiante, del profesor y de la institución, como ya se ha mencionado. Adicionalmente, desde el punto de vista del diseño curricular, y particularmente desde el punto de vista de la innovación curricular, esta manera de hacer las cosas tiene una ventaja muy grande. Como no se está buscando lograr una mejor comprensión, el currículo se puede mirar esencialmente como una secuencia de temas, dado que lo importante de la secuencia es que en la enseñanza y aprendizaje de un algoritmo no se encuentren involucrados algoritmos o formas simbólicas que sean desconocidas para el estudiante. Por otra parte, esta visión permite considerar al estudiante como un elemento elástico del diseño curricular. Como no requiere que el estudiante tenga que hacer cambios sustanciales en la forma como registra y organiza la información (estructuras mentales), es posible pensar en que él pueda registrar un mayor número de algoritmos y formas simbólicas. Habrá que presionarlo un poco para que haga un mayor esfuerzo de memorización, pero este tipo de esfuerzo mental es posible.

Las desventajas son muchas. Basta ver las consecuencias de esta situación en la formación del bachiller (Fernández,1995). No solamente lo único que él sabe son las formas simbólicas y los procedimientos para manejarlas, sino que en muchos casos se las sabe mal. Pero lo más importante es que cuando la comprensión que un estudiante tiene de las matemáticas es de este tipo, entonces hay muy poca retención y muy poca transferencia: el estudiante olvida lo que aprendió a los dos días del examen y no es capaz de transferir su conocimiento matemático a entornos y situaciones diferentes de aquellos en los que lo aprendió (Resnick y Ford, 1990). Por otra parte, la visión del contenido como una secuencia de temas y el consiguiente aprendizaje secuencial de expresiones simbólicas y algoritmos genera en el estudiante una visión por compartimientos de un conocimiento matemático que no tiene esta característica.

Pero, tal vez, el principal defecto de este tipo conocimiento es que es producto de una comprensión extremadamente parcial de los conceptos y los procedimientos matemáticos. Los objetos alrededor de los cuales gira el discurso matemático que nosotros hacemos, ya sea como matemáticos o como profesores de matemáticas, no existen para el estudiante. Para el estudiante existe un único tipo de objeto matemático: la expresión simbólica[2]. Si las expresiones simbólicas son los únicos objetos matemáticos que ve el estudiante, entonces el "discurso matemático" se reduce al manejo y transformación de estas formas simbólicas. El estudiante actúa y razona sobre expresiones simbólicas y no sobre objetos matemáticos. Su "realidad matemática" es esencialmente una realidad sintáctica cuyo significado no puede ir más allá de aquel que las expresiones simbólicas tienen como sistema de signos que siguen un conjunto de reglas. Cuando el profesor o el libro de texto se refieren a características de objetos matemáticos o a relaciones entre ellos y estas características o relaciones no pueden ser asignadas directamente a propiedades de las expresiones simbólicas, el estudiante no "entiende" estas afirmaciones, no las puede justificar y las acepta y registra pasivamente como consecuencia de su respeto por la autoridad indiscutible del libro de texto y del profesor. No es posible hablar de verdad o validez más allá de la calidad con que se identifican y se utilizan expresiones simbólicas dentro de un proceso de transformación de las mismas. Pero, para el estudiante, las matemáticas no "hablan" sobre nada y él llega a tener solamente un tipo muy parcial de comunicación matemática. El aprendizaje de las matemáticas se convierte en una actividad individual en la que la interacción y comunicación con los demás (compañeros y profesor) no es necesaria ni importante.

Cuando se tiene este tipo de comprensión, resolver, por ejemplo, la desigualdad $|x + 3| < x^2 - 1$ se convierte en un problema de conocer las reglas que permiten transformar esta expresión simbólica en una sucesión de expresiones simbólicas. El estudiante ve la expresión simbólica como el objeto sobre el cual tiene que trabajar y su actividad matemática es una actividad de manejo de símbolos (Gómez, 1994). En estos casos, el estudiante tiene mucha dificultad para comprender el sentido de la resolución de problemas que se refieren a fenómenos reales. Este tipo de actividad matemática requiere, además de la capacidad para manejar formas simbólicas, que el estudiante pueda interpretar, en el lenguaje matemático, una situación que se encuentra expresada de manera no matemática. Puesto que el estudiante tiene una visión restringida de las matemáticas, este proceso de modelaje no hace parte de lo que él considera que deben ser las actividades matemáticas.

Este tipo de comprensión no es inútil. Por un lado, el manejo de procedimientos es una etapa necesaria en el proceso de comprensión de un concepto (Sfard, 1991). Sin embargo, ésta es tan sólo una primera etapa de este proceso. Por el otro, quienes la han construido apropiadamente en el colegio tienden a tener éxito en los exámenes de estado y en los exámenes de admisión de las universidades. Quienes continúan aumentando este tipo de conocimiento en la universidad, pueden tener también éxito en la mayor parte de su carrera académica, dado que en la mayoría de las carreras que requieren de un cierto conocimiento matemático se evalúa el conocimiento de fórmulas y algoritmos y la capacidad para aplicarlos en situaciones especialmente diseñadas para estas fórmulas y estos algoritmos. Una situación muy diferente es aquella a la que se enfrenta el individuo dentro de su carrera profesional. Allí los problemas que requieren matemáticas no tienen forma de ejercicios. Sin embargo, es poco lo que se sabe acerca de la utilidad de las matemáticas escolares y las matemáticas universitarias en las actividades profesionales del graduando universitario.

Visión alternativa

El otro extremo de la comprensión en matemáticas es uno en el que los objetos matemáticos existen para el estudiante (Cobb,1993). Estos objetos matemáticos se encuentran representados en un conjunto interrelacionado de estructuras mentales. Estas estructuras están compuestas por nodos intensamente conectados de tal forma que un mismo concepto puede ser evocado desde diversos tipos de representación (Hiebert y Carpenter, 1992; Kaput,1992)— y con diferentes niveles en su estatus operacional–estructural

2. Las gráficas tienden a convertirse también en una forma simbólica en el sentido de que la representación gráfica es también un sistema de notación con sus propias reglas y lo que el estudiante busca saber de las gráficas se circunscribe al manejo operacional de las mismas.

(Sfard,1991; Douady,1995). De esta forma, el concepto no sólo evoca procedimientos, sino que este conjunto de procedimientos y el concepto en sí mismo se pueden ver como una globalidad que puede relacionarse con otros conceptos y procedimientos matemáticos. Cuando el estudiante "ve" los objetos matemáticos (en el sentido de que hay una multiplicidad de representaciones dentro de una estructura, que pueden ser evocadas por una situación problemática que involucra el concepto), entonces el estudiante puede construir un "'discurso matemático": puede hablar —y sabe que puede hablar— acerca de estos objetos. El estudiante es consciente de la existencia de una "realidad matemática" que es independiente de la autoridad del profesor y del libro de texto. El formalismo del lenguaje matemático deja de ser un fin y se convierte en un medio. Las expresiones simbólicas se perciben como *uno* de los múltiples sistemas de representación con los que él puede referirse a esta realidad matemática y el conjunto de reglas sintácticas que lo rigen es visto como una consecuencia de las propiedades de los objetos matemáticos que conforman esta realidad. El estudiante tiene entonces una "sensación del símbolo" (Arcavi,1994). Cuando el estudiante ve las matemáticas de esta manera, él puede escribir ensayos en el mismo sentido en el que lo haría un matemático y esta actividad se convierte en parte central de su visión de las matemáticas como discurso acerca de unos objetos, sus características y sus relaciones que debe ser compartido, discutido y validado con los demás (Kilpatrick,1995; Sterrett,1992). Y cuando él ve los objetos matemáticos en este sentido, hay mayor probabilidad de que los recuerde con el transcurso del tiempo y de que pueda transferir ese conocimiento a entornos diferentes de aquellos en los que lo construyó. Desde este perspectiva, "saber más" matemáticas no significa necesariamente haber "visto" más temas o ser capaz de resolver mecánicamente más tipos de ejercicios. Saber más matemáticas significa tener nuevas formas de conocimiento, más complejas en su estructura, que le permiten al estudiante ver el conocimiento matemático con mayor amplitud y que, además de darle la oportunidad de aprender más y mejor, le permiten utilizar el conocimiento adquirido de maneras más potentes (Mayer,1986).

Esta otra manera de concebir la comprensión está basada en una visión estructural de la forma como el estudiante organiza mentalmente la información. Este tipo de comprensión no se "aprende" en el sentido tradicional de agregar nueva información a aquella ya existente. En muchas ocasiones este tipo de comprensión requiere que el estudiante reorganice buena parte de sus formas de conocimiento (Sierpinska,1994). No es cuestión de quitar o poner nueva información; es cuestión de organizar esa información dentro otro tipo de estructura.

Si lograr el tipo de comprensión tradicional no es fácil (muchos estudiantes no la logran), lograr este otro tipo de comprensión es aún más difícil. Es evidente que, en este caso, el esquema de transmitir información para que el estudiante la registre y sea capaz de repetirla, no aporta mucho al proceso de comprensión. El estudiante es quien tiene que construir su propio conocimiento al enfrentarse a situaciones matemáticas en las que sus formas de conocimiento se pongan en juego y le generen conflictos porque "no funcionan" bien o no son suficientes para resolver la situación (Glasersfeld,1995). En este caso, el profesor enseña, al diseñar apropiadamente las situaciones en las que el estudiante se ve obligado a mirar las cosas de otra forma. El esquema "teoría - ejemplos - ejercicios" aporta tan sólo un poco a que el estudiante pueda vivir las experiencias que le son útiles en su proceso de comprensión. También es evidente que este tipo de proceso no se puede "forzar". Mientras que es posible obligar al estudiante a que memorice más cosas en menos tiempo (y, en este sentido, por ejemplo, tener un mayor número de horas de clase por semana puede llegar a funcionar), no es posible "obligar" al estudiante a que reorganice más veces su conocimiento en menos tiempo. Estos procesos de reorganización requieren de lapsos de maduración en los cuales el estudiante debe reconocer los errores que son producto de su forma de conocimiento actual, hacerse consciente de las causas de estos errores y lograr construir nuevas estructuras mentales que no los generen y que le permitan avanzar en la comprensión de nuevos conceptos y procedimientos (Rico,1995). Este tipo de proceso no se puede “forzar” más allá de un cierto límite. En este sentido, y al contrario de lo que sucede con la comprensión tradicional, el estudiante no se puede considerar como un elemento “elástico” del proceso de diseño curricular.

Enseñar matemáticas de tal forma que el estudiante pueda lograr este tipo de comprensión no es evidente. Aunque se reconoce la importancia de que sea el estudiante quien construya su propio conocimiento y de la necesidad de que esta construcción sea de carácter social en el sentido de que el estudiante interactúe con sus compañeros y con el profesor en ese proceso (Kilpatrick,1987), el secreto *no* está en la “metodología”. No es cuestión de introducir el esquema de los talleres para trabajo en grupo, de tener más monitores para que “expliquen” o de utilizar nuevos recursos tecnológicos como los computadores o las calculadoras. Todos estos recursos metodológicos son un medio, no un fin. Cuando la institución y el profesor participan de una visión tradicional de las matemáticas, de su enseñanza y de su aprendizaje, las nuevas metodologías, en general, no funcionan. Se sigue enseñando lo mismo, se sigue aprendiendo lo mismo y la comprensión del estudiante sigue siendo del mismo tipo. Y este es un resultado natural. La tradición tiene siempre más fuerza que la innovación: todos somos renuentes al cambio (Romberg y Pitman, 1994). Cuando el profesor se “ve obligado” a utilizar un nuevo recurso en su clase (ya sean los talleres o las calculadoras) y esto es lo único que se le da, él y sus estudiantes (en un acuerdo muchas veces tácito) adaptan el nuevo recurso a los esquemas tradicionales. Lo importante no es la metodología vista de esta manera; lo que es relevante es aquello que el profesor y el estudiante consideran importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Lo que es importante, al fin y al cabo, es qué matemáticas se están enseñando y aprendiendo, cómo y por qué (Rico,1990).

Riesgos

La mayoría de los estudiantes tienen la capacidad intelectual para terminar con éxito el ciclo de matemáticas que les corresponde. Hay tan sólo una pequeña proporción que, ya sea tienen una preparación matemática previa demasiado deficiente (y que debería ser identificada y considerada de manera específica) o que, por diversas razones, no están dispuestos a invertir el esfuerzo necesario para tener éxito. *Todos los demás estudiantes deberían tener una verdadera oportunidad de sacar adelante sus estudios y lograr en matemáticas una comprensión de tanta calidad como sea posible*. Esta oportunidad se la debe dar la institución. La institución debe ser consciente del tipo de estudiante que recibe (en cuanto a su formación matemática); debe tener claro el tipo de formación que quiere que este estudiante tenga al final de sus estudios de acuerdo a sus necesidades académicas y profesionales; debe tener en cuenta el tiempo y las condiciones necesarias para que el estudiante pueda construir esa comprensión; y debe diseñar los currículos de tal forma que el estudiante *tenga la oportunidad* para construirla apropiadamente.

Pero la institución (es decir, el departamento de matemáticas) tiene que enfrentar presiones que no le permiten tener la libertad necesaria para realizar el proceso de diseño y desarrollo curricular de manera adecuada. La principal presión proviene del exterior: la descentralización curricular y la formulación de un proyecto educativo institucional, en el caso de las escuelas, o el deseo de las facultades de que, se vea más tema en el mismo tiempo, o se vea la misma cantidad de tema en menor tiempo, en el caso de las universidades.

Cuando se acepta irreflexivamente este tipo de presión, el departamento de matemáticas tiende a buscar alternativas “automáticas” de innovación curricular. Estas se expresan, en muchos casos, en la reorganización de la secuencia de temas que conforman el contenido, en la introducción de un nuevo libro de texto, en la institucionalización de nuevos esquemas metodológicos o en la utilización de nuevos recursos tecnológicos, entre otros. Estas alternativas son, en muchos casos, producto de decisiones institucionales que no tienen en cuenta necesariamente los intereses, las necesidades y las características del profesor y del estudiante. Cuando esto sucede, los resultados que se obtienen no son necesariamente los esperados. En algunos casos, el profesor y los estudiantes adaptan las nuevas condiciones a la tradición existente de la cultura del salón de clase y continúan enseñando y aprendiendo matemáticas dentro de esta tradición. En otros casos, si no se puede lograr fácilmente esta adaptación, la innovación curricular impone nuevos requisitos en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estos requisitos enfrentan al profesor y a los estudiantes ante una disyuntiva: o se intenta mantener el mismo nivel de comprensión matemática y se aumenta la mortalidad, o se reduce la calidad de la comprensión del estudiante. Dado que si se busca una verdadera comprensión de las matemáticas, los estudiantes no pueden ser un elemento elástico de los procesos de diseño y desarrollo curricular, el profesor tiende a tomar el mismo camino cómodo que ya conoce: no le "queda" bien aumentar la mortalidad, por lo tanto reduce el nivel de comprensión. Como ya se vio, esto es posible. Si lo que se busca es una comprensión de tipo procedimental con características esencialmente simbólicas, es posible lograr que muchos estudiantes aprendan más cosas en menos tiempo o dentro de nuevas circunstancias.

Pero ésta no es una situación aceptable. Y ésta es una de las razones por las que, en algunas instituciones, se perciben cambios periódicos en sus diseños curriculares. Aparecen presiones principalmente externas para "forzar" las capacidades cognitivas del estudiante, se hacen los cambios correspondientes, estos cambios producen una mayor mortalidad de los estudiantes, una menor calidad en su preparación matemática, o ambas, esta situación se reconoce después de dos o tres años y se toma la decisión de hacer un nuevo cambio en el diseño curricular para enfrentar el nuevo problema.

Hay varios elementos que tienden a permanecer constantes en estos procesos periódicos de cambio. En primera instancia, el estudiante. Los resultados que él obtiene (ya sea por mortalidad o por calidad de su formación matemática), como consecuencia de la incoherencia entre los requisitos que imponen estas innovaciones y los procesos cognitivos necesarios para que el estudiante pueda aprovecharlas, son los que generan los nuevos cambios. El segundo elemento constante somos nosotros mismos como diseñadores de currículo. Continuamos poniendo a un lado al estudiante (su formación previa, sus necesidades de formación matemática y el tiempo necesario para que tengan lugar los procesos cognitivos que se requieren para lograr esa formación matemática) cuando nos enfrentamos al problema de hacer cambios en el diseño curricular. Por esta razón, continuamos mirando el problema del diseño curricular como un problema de distribuir una secuencia de temas dentro de un lapso de tiempo determinado y continuamos pensando que los recursos metodológicos (talleres, computadores, inducción de profesores, entre otros) son una receta mágica para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Pero, sobre todo, seguimos siendo constantes en nuestra visión de lo que son las matemáticas, de lo que deben ser las matemáticas para nuestros estudiantes, del tipo de formación matemática que queremos que ellos logren y de la forma en que ese conocimiento se puede aprender y debe ser enseñado. Dado que nosotros no tenemos la suficiente libertad para decidir qué tipo de estudiante entra a nuestros cursos y que debemos responder a las presiones externas, no nos queda sino reflexionar acerca de nosotros mismos y de nuestras visiones.

Esta reflexión debería comenzar por centrar nuestra atención en el estudiante, en cambio de centrarla en el contenido. Intentemos determinar qué tipo de formación matemática creemos que debe tener un estudiante para tener éxito en su futuro académico y profesional, en cambio de pensar (inconscientemente) en qué tipo de formación matemática debe tener ese estudiante desde nuestra perspectiva de matemáticos (Confrey,1994). Nuestra intención no debe ser la de formar matemáticos; nuestra intención debe ser la de formar ciudadanos con “potencia matemática” (NCTM, 1991). Definamos esa preparación en términos del tipo comprensión y de capacidades que se deducen de ella, en cambio de definirla en términos de temas vistos (enseñados y no necesariamente aprendidos).

Esta actitud crítica y reflexiva hacia la innovación curricular en matemáticas no se puede lograr al interior de nuestro propio sistema individual de creencias y de conocimiento matemático y didáctico. Tanto este sistema individual, como el sistema institucional dentro del cual tiene lugar la enseñanza, presentan una gran estabilidad y tienden a evitar los procesos de cambio (Kilpatrick,1995b). La enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas de manera procedimental y con características esencialmente simbólicas constituye el principal obstáculo para lograr una mejor formación matemática de los estudiantes (Sfard y Linchevski, 1994). La innovación curricular requiere principalmente de un proceso de cambio en nosotros mismos, como profesores y como diseñadores de currículo. Este proceso de cambio no se logrará a menos que intentemos hacer explícitas nuestras visiones acerca de la naturaleza de las matemáticas, de su enseñanza y de su aprendizaje; que reconozcamos el nivel de nuestro conocimiento matemático y didáctico; que busquemos conocer más acerca de las teorías y las propuestas de la educación matemática que nos pueden ser útiles; que logremos que profesores y estudiantes participen y se comprometan activamente; y que veamos la innovación curricular como un proceso social y metódico que debe ser observado, evaluado y compartido con los miembros de una comunidad consciente y deseosa de desarrollar una práctica reflexiva.

Referencias bibliográficas

Arcavi, A. (1994). Symbol sense: Informal sense–making in formal mathematics. *For the Learning of Mathematics*. 14 (3), pp. 24-35.

Baldor, O. (1985). *Algebra*. Madrid: Codice.

Cobb, P.A.O. (1993). Characteristics of Classroom Mathematics Traditions: An Interactional Analysis. *American Educational Research Journal*. 29(3), pp. 573-604.

Confrey, J. (1994). A theory of intellectual development. *For the Learning of Mathematics*. 14 (3), pp. 2-8.

Conrad, C.F. (1995). A grounded theory of academic change. En Conrad, C. F., Haworth, J. (Eds.). *Revisioning curriculum in higher education*. Needham Heights: Simon & Schuster.

Dossey, J.A. (1992). The Nature of Mathematics: its Role and its Influence. En Grouws, D.A. (Ed.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan.

Douady, R. (1995). La ingeniería didáctica y la evolución de su relación con el conocimiento. En Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., Gómez, P. (Ed.) *Ingeniería didáctica en educación matemática. Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. México: una empresa docente y Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 61-96.

Ernest, P. (1991). *The Philosophy of Mathematics Education. Studies in Mathematics Education*. London: The Falmer Press.

Fernández, F. (1995). Perfil de aprendizaje del estudiante de precálculo de la Universidad de los Andes. *Revista EMA*. 1 (1), pp. 39-45.

Glasersfeld, E.v. (1995). *Radical constructivism. A way of knowing and learning*. Basingstoke, UK: Falmer.

Gómez, P. (1996). Graphic calculators and precalculus. Effects on students’ attitudes. Paper submitted to the *20th meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*.

Gómez, P., Valero, P. (1995). La potenciación del sistema de educación matemática en Colombia. En Gómez, P. et al. *Aportes de "una empresa docente" a la IX CIAEM*. Bogotá: "una empresa docente".

Gregg, J. (1995). The tensions and contradictions of the school mathematics tradition. *Journal for Research in Mathematics Education*. 26 (5), pp. 442-466.

Hiebert, J., Carpenter, T.P. (1992). Learning and teaching with understanding. En Grouws, D.A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning.* New York: Macmillan.

Kaput, J.J. (1992). Technology and Mathematics Education. En Grouws, D.A. (Ed.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning.* New York: Macmillan, pp. 515-556.

Kilpatrick, J. (1987). What constructivism might be in mathematcis education. En Bergeron, J.C., Herscovics, N., Kieran, C. (Eds.). *Proceedings of the 11th international conference for the psychology of mathematics education*. Montréal: Université de Montreal.

Kilpatrick, J. (1995). Técnicas de evaluación para profesores de matemáticas de secundaria. En Kilpatrick, J., Rico, L. , Gómez, P. (Eds.) *Educación matemática. Errores y dificultades de los estudiantes. Resolución de problemas. Evaluación. Historia.* México: una empresa docente y Grupo Editorial Iberoamérica.

Kilpatrick, J. (1995b). Curriculum change locally and globally. *Paper presented at the IX meeting of the CIAEM*. Santiago de Chile, Chile.

MEN (1992). *Sistema nacional de evaluación de la calidad de la educación*. Bogotá: MEN.

MEN (1994). *Reflexión sobre los proyectos educativos institucionales y guía para la construcción de planes operativos por parte de las comunidades educativas.* Bogotá: MEN.

MEN (1995a). *Ley general de educación. Ley 115 del 8 de febrero de 1994.* Bogotá: MEN.

MEN (1995b). *Decreto 1860 de agosto 3 de 1994.* Bogotá: MEN.

Mayer, R. (1986). Capacidad matemática. En Sternberg, R.J. (Ed.). *Las capacidades humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información.* Madrid: Labor Universitaria, pp. 165-194.

NCTM (1991). *Estándares curriculares y de evaluación para la educación matemática*. Sevilla: NCTM.

Nickson, M. (1992). The culture of the mathematics classroom: An unknown quantity? En Grouws, D.A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning.* New York: Macmillan.

Perry, P., Gómez, P. (Eds.) (En prensa). *La problemática de las matemáticas escolares. Un reto para directivos y profesores*. México: una empresa docente y Grupo Editorial Iberoamérica.

Resnick, L.B., Ford, W.W. (1990). *La enseñanza de las matemáticas y sus fundamentos psicológicos.* Barcelona: M.E.C. - Paidós.

Rico, L. (1990). Diseño curricular en educación matemática: elementos y evaluación. En Llinares, S., Sánchez, M.V. *Teoría y práctica en educación matemática.* Madrid: Alfar.

Rico, L. (1995). Errores y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. En Kilpatrick, J., Rico, L., Gómez, P. (Eds.) *Educación Matemática. Errores y dificultades de los estudiantes. Resolución de problemas. Evaluación. Historia.* México: una empresa docente y Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 69-108.

Rico, L., González, E., Gutiérrez, J. (1991). Los expertos opinan. La obsesión de los exámenes. En *V Jornadas de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.* Castellón.

Romberg, T.A., Pitman, A. (1994). A strategy for social change. En Webb, N.L., Romberg, T.A. (Eds.) *Reforming mathematics education in America's cities. The urban mathematics collaborative project.* New York: Teachers College, pp. 48-66.

Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. En Grouws, D.A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning.* New York: Macmillan, pp. 334-369.

Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics.* 22, pp. 1-36.

Sfard, A., Linchevski, L. (1994). The gains and pitfalls of reification — The case of algebra. En Cobb, P. (Ed.) *Learning mathematics. Constructivist and interactionist theories of mathematical development.* Dordrecht: Kluwer, pp. 87-124.

Sierpinska, A. (1994). *Understanding in mathematics.* Basingstoke, UK: Falmer.

Sterrett, A. (1992). *Using writing to teach mathematics.* Washington: The Mathematical Association of America.

Thompson, A.G. (1992). Teacher's Beliefs and Conceptions: A Synthesis of the Research. En Grouws, D.A. (Ed.). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning.* New York: Macmillan.

Wilson, L. (1995). What gets graded is what gets valued. *Mathematics Teacher.* 87 (6), pp. 412-414.