

DESARROLLO CURRICULAR: UNA MIRADA DESDE LA INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA¹

FIDEL OTEÍZA MORRA²
HERNÁN MIRANDA VERA²

*“El motor del desarrollo será el proceso a través
del cual una economía crea, aplica y extrae
valor del conocimiento”.*

(Seltzer y Bently, p. 13.)

Resumen

El currículo nace de una pregunta, de una posibilidad o de una intuición y su desarrollo está condicionado por la naturaleza de ese comienzo. Hacer currículo es crear caminos, es generar formas de lograr determinados aprendizajes. Desde este punto de vista, las motivaciones iniciales y las concepciones de quiénes los generan marcan profundamente los resultados de esta empresa.

No existen ni una motivación única ni un procedimiento privilegiado en la creación de productos o enfoques curriculares. Es imprescindible, entonces, optar, lo que conduce a la necesidad de explorar posibilidades, experiencias y antecedentes que puedan ayudar a realizar una opción adecuada.

En este trabajo se aborda el concepto de “desarrollo curricular” desde el particular punto de vista de un proyecto específico en el área de educación matemática, que brinda la posibilidad de generar una propuesta curricular para poner en práctica los nuevos programas de matemática en uno de los niveles de la Enseñanza Media chilena.

En la primera parte se da una visión breve a algunas de las orientaciones que han prevalecido en el campo; a continuación, se entregan los antecedentes principales del proyecto de innovación en educación matemática antes citado; luego, se abordan los principios orientadores para el desarrollo curricular que delimitan las opciones tomadas por los autores; finalmente, se analizan las condiciones necesarias para la creación e implementación de una solución curricular como la analizada en este trabajo.

¹ Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto FONDEF “Aprender matemática creando soluciones” desarrollado por el Centro Comenius de la Universidad de Santiago (Centro para el Desarrollo de Innovaciones en Educación).

² Fidel Oteíza –profesor de matemática y física, Ph.D. en Currículum e Instrucción de la Pennsylvania State University– es director del Centro Comenius USACH. Hernán Miranda, profesor de matemática y computación y licenciado en Educación de la Universidad de Santiago, es director ejecutivo del Centro Comenius USACH.

Abstract

The curriculum is originated from a question, a possibility or intuition. Its development depends on the nature of this beginning. Curriculum development entails the production of roads and the generation of forms for achieving specific learning. From this point of view, authors' motivations and understandings emphasize curriculum outcomes.

Neither a unique motivation nor a specific procedure exists in the production of curriculum products or approaches. It is necessary to take a stand for exploring possibilities, experiences, and records to help in choosing a correct option.

The concept of curriculum development is considered within the mathematics field. It brings the possibility to generate a curriculum proposal for one of the levels of Chilean high school.

The first part of this article describes some of the prevalent guidelines in the field. Then, significant aspects of the innovative program in mathematics are presented. Foundations of curriculum development are considered and basic conditions for production and implementation are described.

La motivación, las preguntas iniciales

En este trabajo se aborda el concepto de “desarrollo curricular” desde el particular punto de vista de un proyecto específico en el área de educación matemática. Puestos frente a la posibilidad de generar una propuesta curricular para poner en práctica los nuevos programas de matemática en uno de los niveles de la Enseñanza Media chilena, los autores se hicieron la pregunta: ¿Qué significa desarrollar una solución curricular? Y luego, se plantearon otras preguntas que se derivan de la anterior: ¿Qué solución?, ¿para quién?, ¿con qué actores?, ¿con qué pensamiento?, ¿cómo sabremos que habremos logrado lo que nos propusimos?

De algún modo, la convicción de los autores, acerca del valor y necesidad de crear currículo, marca todo el análisis. En efecto, lo que va entre los objetivos de aprendizaje y la mediación que el docente puede realizar del proceso por el cual los estudiantes tienen acceso a esos objetivos es un conjunto de recursos, prácticas, modos de actuar, que son determinantes de la calidad de esa mediación y de la calidad de los aprendizajes alcanzados.

Esta convicción también se puede expresar diciendo: el currículo decretado es una condición necesaria, pero no suficiente para la innovación curricular. Algo tiene que ir entre un programa –o una reforma curricular como la que se pone en juego en Chile– y la sala de clases en la que ese currículo se desea que exista.

Lo que hace un docente en el aula es su responsabilidad profesional y existen tantas formas de acción como docentes y situaciones específicas de aprendizaje. Siempre han existido docentes con alto grado de preparación, motivación y experiencia. Docentes con la capacidad para interpretar los dictados de un programa y generar experiencias de aprendizaje válidas y de alta calidad y pertinencia, sin recurrir a otros soportes. También es cierto que, en la práctica, lo que realiza un docente o las oportunidades de aprendizaje de un alumno no sólo dependen de la capacidad profesional y del conocimiento de sus profesores. Los textos, los recursos para el laboratorio, mapas, juegos, programas basados en artes visuales, software especialmente desarrollado, en fin una multitud de recursos de apoyo, influyen, significativamente, en lo que sucede finalmente en la situación de enseñanza aprendizaje real.

Esos productos representan posibilidades y podemos conceptualizarlos como una expresión comunicable de una experiencia de enseñanza o de aprendizaje. Podemos pensar en el símil de la partitura de una obra musical (que comunica una idea musical) o del guión de una obra de teatro (que comunica una idea de expresión dramática). Los productos nombrados anteriormente son la expresión material de un enfoque diseñado para el logro de determinados aprendizajes. Lo que aquí importa es que capturan una idea, una forma de actuar y –por su naturaleza material– permiten la comunicación a otros de esa idea y su posibilidad de ser replicada.

Más aún, la creación de currículo es un espacio privilegiado para llevar a la educación los aportes de creadores de los más diferentes campos. Científicos, artistas, técnicos, educadores y otros actores

pueden aunar sus esfuerzos y generar productos potencialmente valiosos y, en todo caso, enriquecedores de la acción pedagógica.

Desde el punto de vista de los autores, estos medios intentan capturar un momento de creación en educación, usando la expresión de Rodolfo Vega³ “*el material de enseñanza representa un punto de convergencia de pensamientos, posibilidades, condiciones y opciones personales*”. Estos puntos de convergencia pueden tener un papel notable en lo que, en último término, sucede en una sala de clases. En este trabajo nos proponemos analizar cuáles son las ideas fuerza que podrían converger para que los resultados de un esfuerzo de innovación en la enseñanza de la matemática cumpla con este papel de mediador, entre un programa de estudio y su puesta en práctica en la sala de clases.

De otra parte, la experiencia de los autores muestra que es posible diseñar situaciones de enseñanza-aprendizaje que comuniquen apropiadamente los patrones de conducta recomendados por la investigación en el área y establezcan las condiciones consideradas adecuadas para el aprendizaje matemático en estudiantes de nivel básico (Oteíza, 1976), en adultos (Oteíza y Montero, 1990) y en jóvenes (Oteíza, Miranda y otros, 1998).

La misma experiencia muestra que, si se desea modificar los patrones de relación entre los estudiantes y el conocimiento (modalidad de acceso a la información), entre los estudiantes entre sí y entre el profesor y sus estudiantes, es necesario modificar las condiciones en que estas relaciones se dan en la práctica escolar. Los estudios antes citados muestran, además, que “puestos en las mismas condiciones tendemos a actuar de la misma manera”. En efecto, aun cuando los docentes demuestren conocer, valorar y haber tenido experiencia con formas activas de facilitación de los aprendizajes, sin las condiciones

³ Investigador-consultor internacional del proyecto “Aprender matemática creando soluciones”.

que permiten esas modalidades de mediación, se comportan como docentes que no poseen dicho conocimiento (Oteíza, 1976).

Por último esas experiencias mostraron que los aprendizajes logrados mejoraron significativamente y que los resultados se distribuyeron de modo que se apartaron de la tendencia a la curva normal, corriéndose hacia la derecha, mostrando menos dispersión. Esto es, mejores resultados y menos diferencias entre los alumnos.

En esta oportunidad el análisis se concentró en las condiciones, los criterios que el producto debe satisfacer y en la descripción del proceso mediante el cual se pretende generar los recursos de aprendizaje para poner esos criterios en práctica, contextualizado en una propuesta específica de desarrollo curricular para la enseñanza de la matemática en el nivel secundario.

Puesto en los términos de Rodolfo Vega: si una solución curricular es la concreción de un proceso de convergencia, ¿cuáles son los componentes que deben converger? Si el material didáctico existe, ¿cómo sabremos que representa esa convergencia?

Las soluciones curriculares parten de una demanda o de una inspiración inicial

El currículo nace de una pregunta, de una posibilidad o de una intuición. Su desarrollo está condicionado por la naturaleza de ese comienzo. Hacer currículo es crear caminos, es generar formas de lograr determinados aprendizajes. Las motivaciones iniciales y las concepciones de quiénes los generan marcan profundamente los resultados de esta empresa.

No existen ni una motivación única ni un procedimiento privilegiado en la creación de productos o enfoque curriculares. Es imprescindible, entonces, optar, lo que conduce a la necesidad de explorar posibilidades, experiencias y antecedentes, que puedan ayudar a realizar una opción adecuada. Una mirada al campo muestra algunas de las entradas posibles al desarrollo de soluciones curriculares.

La entrada desde el conocimiento disciplinario. Algunos de los productos más influyentes en la formación matemática de muchos fueron el resultado de sistematizar conocimientos y/o de tratar de divulgarlos. El lector ya habrá pensado en los tratados de Euclides, un libro cuyo número de ediciones siguió de cerca a los de la Biblia y que fue la base de la formación de miles de personas, incluidos científicos de gran impacto en las ciencias. Los trabajos de Pröschle y Pöenich⁴ en Chile marcaron una época de la enseñanza de la matemática en el país. Pensamos que el trabajo pionero de G. D. Birckhoff⁵, un matemático estadounidense, en la sistematización y divulgación del álgebra abstracta, junto con la obra del grupo francés Bourbaky, tuvo una fuerte influencia en el movimiento de la “matemática moderna” de los sesenta. El conocimiento le hace una pregunta a la enseñanza, esa pregunta puede generar productos curriculares.

La pregunta del programa de estudios. La mayor parte de los textos y recursos de aprendizaje disponibles tienen su origen en la respuesta que dan autores individuales o grupos editoriales a los requerimientos de los programas de estudio (a modo de ejemplo, podemos citar la serie de libros de Gonzalo Riera producidos por encargo del MINEDUC). En la práctica, desde que existe un marco legal que norma el proceso, estos programas son, si no el origen, al menos un insumo indispensable de un proceso de desarrollo curricular.

Como resultado de una teoría de aprendizaje. La instrucción programada es un clásico producto curricular con base en una teoría del aprendizaje. Los experimentos de Jean Piaget también desencadenaron una cantidad de recursos para orientar el aprendizaje a partir de la exploración y la acomodación, de acuerdo con su particular manera de comprender el aprendizaje. Posteriormente, el aprendizaje por descubrimiento y más recientemente el constructivismo han sido la inspiración también para muchos productos.

⁴ Los textos para la enseñanza secundaria: “Álgebra, curso de Matemáticas Elementales” y “Geometría Elemental”.

⁵ George David Birckhoff, y su texto “A Survey of Modern Algebra”.

La partida desde una intuición didáctica. El enfoque de “representaciones múltiples” de Zoltan Dienes dio origen a los bloques lógicos y a una serie de situaciones “materiales” a través de las cuales los niños pueden aprender estructuras abstractas. En Bélgica, en los años cincuenta un profesor de escuela elemental creó unas barras de colores para el aprendizaje de los números y de las operaciones, las “barras Cuissiner”. Su trabajo dio la vuelta al mundo y aún hoy se lo utiliza en muchas escuelas.

La pregunta desde los medios. La existencia de un medio también impulsa desarrollos curriculares. Puede parecer espurio crear productos por la razón de que un medio está disponible, pero esta entrada al currículo existe y ha tenido frutos interesantes. Comenius, en el siglo XVI, visualizó la existencia de los textos escolares al conocer los productos de la imprenta de Gutenberg. La pregunta de Comenius se ha repetido con la radio, el cine, la televisión, los videos, el software, los recursos multimediales y ahora se puede observar la existencia de múltiples sitios Web con contenido curricular.

La entrada desde un enfoque didáctico. Existen recursos que están basados en teoría. Investigadores que quisieron poner en práctica los conocimientos obtenidos de la investigación han generado importantes instancias de aprendizaje. Muchos recursos existen porque sus autores quisieron materializar una idea o un enfoque resultante de aplicar resultados de la investigación. Los filmes del Madison Project, en Nueva York (Davis, 1964, 1967), son la materialización de los trabajos impulsados después de la obra de Jerome Brunner y su concepto de “descubrimiento guiado”. En la actualidad, los autores han revisado cinco proyectos recientemente financiados por la National Science Foundation de los EE.UU. que han dado origen a igual número de programas de enseñanza de la matemática en el nivel secundario (High School).

Todos o varios de los anteriores. Naturalmente que lo anterior ni agota las posibilidades ni representa una clasificación excluyente. En el caso que motiva este análisis, la iniciativa tiene su origen en

una intuición acerca del aprendizaje y de la mediación efectiva de los aprendizajes matemáticos. También resulta de una respuesta al momento de reforma que experimenta el sistema público chileno y de la motivación personal de varios de los investigadores por poner a prueba sus ideas, formas de enseñanza que podrían hacer la matemática más cercana a los jóvenes y, a la vez, podría dar mejores oportunidades para que la disciplina fuese aprendida a partir de sus sentidos y sus efectos en las vidas y en la sociedad. También está en la base de las motivaciones la experiencia de haber logrado aprendizajes más profundos y con más estudiantes que los que la experiencia muestra se logran con la clase en la que el docente no cuenta con otros medios que su propia persona, la tiza y el pizarrón.

Aprender matemática creando soluciones: un proyecto de desarrollo curricular para innovar en la enseñanza de la matemática

Tal como se lo señaló en la sección anterior, el desarrollo curricular parte de una demanda inicial, de una necesidad de conocimiento, de constatar que existen personas que podrían aprender de mejor manera si es que tuviesen las herramientas adecuadas para hacerlo. La propuesta de desarrollo curricular que se describe en forma sintética a continuación es el producto del trabajo y la reflexión de un equipo universitario, que intenta dar una solución al persistente problema de que una cantidad significativa de niños, niñas y jóvenes del país aprenden muy poca matemática, aprenden a distanciarse de ella, aprenden que poco a nada tiene que ver ese conocimiento con sus vidas y –lo que compromete el futuro– aprenden que no son capaces de aprenderla. Esta falta de aprendizajes, las actitudes negativas y el bajo concepto de sí que los niños y jóvenes alcanzan en relación con la matemática representa una pérdida de proporciones para el país y compromete su futuro en una sociedad donde el conocimiento es, cada vez más, el bien máspreciado. Esta deficiencia, además, se hace presente en un momento de globalización de las economías en un ambiente altamente tecnologizado, situación en la que el conocimiento matemático avanzado es primordial.

En este contexto es que el proyecto de desarrollo curricular “Aprender matemática creando soluciones”, y que cuenta con financiamiento del FONDEF y un conjunto de instituciones patrocinantes, tiene por objetivo desarrollar una solución educativa de bajo costo y alto impacto, que permita superar los persistentes resultados negativos en el aprendizaje de la matemática en niveles básico y secundario, validada científicamente y basada en sólidos fundamentos teóricos y prácticos. Otro objetivo perseguido es el generar bases sólidas de conocimiento científico-tecnológico y de articulación entre actores relevantes ligados a los procesos de creación y transmisión del conocimiento (universidad, escuela, empresa), que permitan potenciar el desarrollo de una industria educativa local de alto nivel en el área matemática y con capacidad de crecimiento e impacto en todo el país y la región latinoamericana.

En términos más específicos, lo que se pretende lograr con este proyecto es:

- Diseñar e implementar mecanismos eficientes y apropiados de investigación, desarrollo y experimentación educativa, que permitan generar y validar en forma efectiva un **modelo interactivo para el aprendizaje matemático**.
- Contribuir al desarrollo curricular pertinente y culturalmente situado en el área de la Educación Matemática.
- Ofrecer al sistema educativo (a sus profesores) una ampliación en la variedad de recursos didácticos disponibles, material bibliográfico y perfeccionamiento en el área de Educación Matemática.
- Desarrollar e implementar mecanismos adecuados de medición y evaluación en tres aspectos cruciales del proceso educativo formal: los aprendizajes logrados por los estudiantes; la calidad de los productos desarrollados (del material didáctico) y la calidad de los servicios prestados.
- Establecer un espacio público de diálogo y colaboración –permanente y dinámico–, tendiente a apoyar la instrumentalización didáctica de los nuevos planes y programas del Sector Matemática para Enseñanza Media que sustenta la Reforma Educativa promovida desde el Ministerio de Educación, aprovechando

do mecanismos y herramientas existentes, como, por ejemplo, el Portal Educativo de Enlaces.

- Promover la transferencia de la tecnología desarrollada hacia diversos actores, particularmente hacia el sector productivo (empresas asociadas productoras de tecnología) y hacia los usuarios finales (profesores y alumnos).

En concreto, como resultado del proyecto se espera obtener un modelo interactivo para el aprendizaje matemático, que abarque el Segundo Año de Enseñanza Media (NM2) y con algunas instancias significativas en segmentos seleccionados del currículo matemático del Primer Año de Enseñanza Media (NM1) focalizadas en la resolución de problemas, cubriendo los objetivos expresados en la tabla siguiente.

NM2: Segundo Medio

Seis (6) módulos de enseñanza que abarquen los contenidos del programa y apunten al desarrollo de los siguientes objetivos fundamentales, expresados tal como lo propone el MINEDUC (1998).

Objetivos

1. Conocer y utilizar conceptos asociados al estudio de la ecuación de la recta, sistemas de ecuaciones lineales, semejanza de figuras planas y nociones de probabilidad; iniciándose en el reconocimiento y aplicación de modelos matemáticos.
2. Analizar experimentos aleatorios e investigar sobre probabilidades en juegos de azar sencillos.
3. Explorar, sistemáticamente, diversas estrategias para la resolución de problemas.
4. Percibir la relación de la matemática con otros ámbitos del saber.
5. Analizar invariantes relativas a cambios de ubicación y ampliación o reducción de escala, utilizando el dibujo geométrico.

Nota: Los objetivos 3 y 4 son transversales a todo el aprendizaje propuesto en el modelo, pues están en la base del enfoque adoptado para tratar el conocimiento, esto es, partir de problemas (preguntas) relevantes y contextualizadas en distintos campos del saber.

NM1: Primero Medio

Una unidad compacta (tres semanas de trabajo) comprensiva de resolución de problemas, que sirva a su vez de repaso y aplicación de lo aprendido durante el año.

Los principales atributos de la solución propuesta serán: estar basada en fundamentos teóricos y prácticos; entregar herramientas tanto al profesor como al alumno; usar en forma intensiva la tecnología informática y de telecomunicaciones, pero sin ser dependiente de ella (sin computadores, igual funciona y produce efectos significativos, aunque con menor nivel de profundidad); trabajar en forma explícita aspectos multidimensionales involucrados en el aprender (estados de ánimo, intereses propios, experiencia, conocimientos previos, motivación, autoestima, aspectos metacognitivos, nociones intuitivas) y la existencia de inteligencias múltiples –usando la noción de Howard Gardner– distribuidas de forma no homogénea entre los estudiantes; generar instancias de aprendizaje que apelen a los “dos momentos de la matemática” descritos por Zoltan Dienes (el momento de la exploración y conjeturación libre en torno a un problema dado y el momento de la formalización mediante símbolos, relaciones y estructuras); relacionar explícitamente el nuevo currículum de matemática con las actividades y herramientas concretas de aprendizaje propuestas; facilitar la evaluación de los aprendizajes mediante modelos, técnicas y propuestas claras e innovadoras (por ejemplo, uso de la evaluación de proyectos, mapas conceptuales, la técnica del portafolio); asegurar aprendizajes matemáticos de alto nivel para la mayoría de los estudiantes.

Los componentes principales de la solución curricular propuesta son:

- Material de enseñanza para los alumnos, que permite orientar y guiar su aprendizaje.
- Material manipulativo (juegos o las instrucciones para construirlos a partir de materiales simples).
- Material de referencia y de consulta general para el alumno y el profesor.
- Material electrónico (“templates”) para alumnos y profesores, que permite su adaptación y la creación a partir de ellos.
- Software apropiado (freeware o shareware) para desarrollar temas específicos.

- Pautas, procedimientos y actividades sugeridas para el profesor, que le permitan la puesta en práctica y operación del modelo.
- Instrumentos y procedimientos para evaluar los aprendizajes logrados.
- Instrumentos y procedimientos para evaluar experiencias de aprendizaje (investigación de aula desarrollada por los propios docentes).

En síntesis, como resultado final del proyecto se espera contar con dos productos empaquetados para la enseñanza de la matemática (material escrito más un CD-ROM): uno para la totalidad del Segundo Medio y uno para resolución de problemas de Primero Medio. Cada uno de estos productos es una instancia del **modelo interactivo para el aprendizaje de la matemática** y todos contemplan los componentes señalados anteriormente.

Cabe preguntarse cuál es la diferencia entre lo propuesto y las soluciones que ya existen. La diferencia radica en que la solución que se propone construir estará basada en determinados fundamentos teóricos y, lo que es fundamental, será validada experimentalmente en ambientes reales de aprendizaje (salas de clases), de modo de asegurar que permite mejorar significativamente los resultados obtenidos por los alumnos en matemática y, a su vez, mejorar la eficiencia del trabajo del profesor al interior de la sala de clases. Esta es la razón por la cual se la caracteriza como una propuesta de desarrollo curricular para distinguirla de la simple construcción de un texto de estudio o de material didáctico realizada por un grupo de expertos en un área determinada. Textos que, por lo demás, en general no presentan un grado de calidad acorde con lo que se espera.

Para ilustrar lo anterior, el matemático de la Universidad de Chile Ricardo Baeza (1997) comenta “mi reciente experiencia en la comisión revisora de textos de matemática de Enseñanza Básica (...) me ha llevado a confirmar que los textos (...) que se usan en Chile son altamente mediocres”. A continuación caracteriza los textos como “aburridos, con gran cantidad de errores, introducen conceptos inne-

cesarios en abundancia y sin mayor motivación, no promueven la experimentación ni la creación matemática del estudiante, no muestran que las matemáticas pueden ser útiles en la vida cotidiana así como en otras áreas del conocimiento”. A nuestro juicio, esto expresa claramente la necesidad de cambios y el aporte que puede hacer un desarrollo curricular apropiado; también, pone una valla alta en relación con la producción curricular en el área.

También es importante subrayar que la solución propuesta, además de llenar el vacío existente de soluciones educativas basadas en conocimiento y probadas científicamente, se levanta como un complemento a distintos esfuerzos de investigación y desarrollo que Chile lleva adelante para abordar el problema educativo en general y de la educación matemática en particular (por ejemplo, reforma educativa, Proyecto Enlaces, producción de textos, material didáctico basado en web del MINEDUC, otros proyectos apoyados por FONDEF, iniciativas educativas de la Fundación Chile), esfuerzo del cual el equipo responsable de esta iniciativa está altamente comprometido.

La axiomática inicial, los principios orientadores o una aproximación al marco de referencia para el desarrollo curricular

A la hora de decidir, de diseñar, poner a prueba y aprobar una estrategia o una solución, la claridad de las opciones iniciales es importante. Por otra parte, los “materiales de enseñanza son una expresión sutil pero poderosa de los valores de quienes los crearon” (Glass, 1972). De modo que hacer explícitas las opciones al comenzar un proceso de producción aumenta las posibilidades de que los resultados representen esas opciones y quienes interactúen con esos productos contarán con más y mejores elementos de juicio a la hora de decidir acerca de su uso y al adoptar las providencias para su aplicación.

La validación merece una mención destacada. ¿Cómo saber si un material es adecuado? Los principios que aquí se enuncian serán luego sometidos a un proceso de operacionalización, cuyos produc-

tos serán indicadores de avance y/o de éxito que permitirán orientar los procesos de construcción de material.

Principio de la calidad y pertinencia del conocimiento. Se adoptarán todas las medidas posibles para que la calidad y pertinencia del conocimiento matemático y el conocimiento didáctico sean de la más alta calidad. El principio también se refiere a buscar que la calidad del conocimiento matemático no se vea dañada por la necesaria transposición didáctica que experimentará al pasar a ser parte de una propuesta curricular.

Principio de la inclusión. O de todos incluidos. Los resultados del proceso de creación curricular deben velar por entregar soluciones para todos los alumnos, independientemente de sus antecedentes escolares o socioeconómicos. Simultáneamente, se buscará que los productos y procedimientos puedan ser utilizados con provecho por todos los profesores que manifiesten interés, independientemente de su formación o experiencia. Un corolario de este principio guarda relación con los costos y otro con la “usabilidad”. En efecto, se buscará que los resultados o sean de bajo costo o demuestren tener una razón costos/resultado que los justifique. La usabilidad dice relación con la facilidad de uso y practicidad en el ambiente en que se espera actúen: el liceo.

Principio de la concepción del aprendizaje. La investigación en neurociencia actual ha arrojado muchas luces acerca de cómo se produce realmente el aprendizaje en los individuos, a pesar de que aún queda mucho camino por recorrer para poder explicar en forma satisfactoria estos complejos procesos. Pensamos que una propuesta de desarrollo curricular que plantea una determinada forma de lograr aprendizajes no puede ser ajena e inconsistente con estos hallazgos. Del trabajo realizado por Roberto Araya⁶ (2000), en su libro “Inteligencia Matemática”, se infieren orientaciones que un enfoque basado en los avances del conocimiento acerca de cómo opera el cerebro

⁶ Director alterno del proyecto que motivó este trabajo.

en los procesos de aprendizaje debería sustentar. Por ejemplo: aprovechar oportunísticamente las capacidades naturales del cerebro producidas a través de cientos de millones de años de evolución; enseñar a manejar siempre múltiples representaciones, y de naturaleza distintas (motoras, cinestéticas, visuales, auditivas, verbales, simbólicas, etc.) y enseñar a conectarlas entre sí (estrategia similar a la de buscar “varios puntos de entrada”, que recomienda el psicólogo de la educación Howard Gardner); diseñar secuencias de acciones y de estímulos que permitan aumentar la frecuencia de selección de estrategias eficientes y la creación de nuevas, sin olvidar que las antiguas estarán siempre disponibles; comenzar por representaciones motoras-cinestéticas y visuales, y luego, poco a poco, introducir representaciones más abstractas. En la actualidad, el CERI (Center for Educational Research and Innovation), organismo dependiente de la Organización Europea para el Desarrollo Económico y la Cooperación (OECD), tiene entre sus prioridades para el período 2002-2006 estudiar el potencial de la investigación acerca del cerebro y las ciencias del aprendizaje, para la generación de políticas educacionales.

Principio de la claridad de los contratos. Tanto en su gestación, prueba e implementación, los recursos curriculares serán el fruto de la actuación de muchas personas, pertenecientes a instituciones y especialidades diferentes. Es indispensable que los actores tengan plena conciencia y claridad de los procesos, resultados y responsabilidades en esos procesos. También los procedimientos deben tender a generar contratos claros y precisos a la hora de su aplicación. Profesores, directivos docentes, alumnos, apoderados y otros miembros de las comunidades docentes deben conocer los términos generales de los acuerdos y saber qué esperar de la aplicación de los productos del proyecto.

Principio de construcción y reconstrucción. Debido a la naturaleza de la empresa, pero también por opción de los autores, la noción y la acción de construcción es un eje central del proceso. De partida aceptamos que el conocimiento es una construcción humana; que para su aprendizaje, los actores –en un sentido muy real– lo “re-

construyen”. Un material de enseñanza, una situación de enseñanza diseñada, es una base para la reconstrucción que de esa situación hará el profesor o la profesora. Y, en un tercer nivel, el programa y los instrumentos para su aplicación deben ser una construcción conjunta entre docentes de aula y especialistas.

Luego, los productos deben facilitar la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes; en su aplicación, acompañar a los docentes en el proceso de apropiación y recreación de la innovación y en su gestión, seguir los pasos y procedimientos propios de un enfoque sistémico aplicado a la generación de material de enseñanza.

Principio de la mediación e interactividad. Los productos resultantes de este proceso buscarán enriquecer la mediación del aprendizaje. El docente tiene, en este sentido, el rol de generar un espacio en el que sus alumnos puedan aprender a partir de un proceso de construcción. Si, siguiendo a Paulo Freire, se acepta que “nadie educa a nadie, ni nadie se educa a sí mismo sino que todos nos educamos, mediados por el mundo”, el objeto es la creación de un espacio enriquecido en que se aliente la interacción entre el estudiante y los objetos de estudio, los estudiantes entre sí, los estudiantes y su profesor, pero, también, la interacción entre todos esos personajes y la realidad en la que viven. La operacionalización de este principio se espera sea una marca distintiva de los ambientes en que el programa sea utilizado.

Principio de enfoques múltiples. La experiencia ha entregado abundante evidencia acerca del valor y la efectividad de ofrecer, a los estudiantes, múltiples enfoques para los aprendizajes deseados. La generalización, proceso básico en la matemática, se fundamenta en la extracción de lo común en la multiplicidad. Los trabajos de Howard Gardner muestran que, además, se posibilitan caminos a quienes muchas veces han estado fuera de la comprensión de las vías preferentes de entrega de conocimiento: la forma eminentemente verbal-formal de presentar la matemática. También tiene que ver con la idea de darle a cada uno su oportunidad. ¡Dejar que las águilas vuelen! Que cada estudiante pueda, efectivamente, hacer usos de sus

particulares talentos para apropiarse del conocimiento. Esto implica, según Araya (2000), hacer el esfuerzo por buscar, nuevamente, múltiples representaciones del conocimiento (cinestéticas, motoras, visuales, verbales, etc.).

Principio de modelaje. Los autores reconocen el potencial que tiene la acción de modelar en el aprendizaje de la matemática. Una de las mayores contribuciones que la disciplina ha hecho en el campo del conocimiento proviene de la capacidad de los modelos matemáticos para formalizar procesos y sistemas en los más diversos campos de la acción humana. Modelar es poner en correspondencia a determinados rasgos de un sistema con un formalismo matemático. Al menos, eso es lo que ocurre en los modelos de primer orden. La visión que Galileo tuvo de la física se originó en la fuerza de la matemática como modelo para describir fenómenos y sistemas. El proceso de generar y validar modelos ofrece un amplio espacio para la construcción de conocimiento por parte de quien aprende. “Modelar, dice la introducción del Proyecto Mathematics: Modeling Our World”⁷, es aprender a aprender”. De otra parte, los modelos matemáticos son instrumentos poderosos para describir y comprender el comportamiento de sistemas complejos.

Principio de cierre y/o formalización. Los modelos y la contextualización del conocimiento matemático son palancas poderosas para el aprendizaje. La necesidad de llegar al conocimiento abstracto, recontextualizado en la matemática, también es crucial. Se buscará que la actividad desplegada por el estudiante, la búsqueda de respuestas a problemas abiertos, la creación de soluciones, culmine con el cierre, la comprensión de los procesos y resultados a la luz del análisis crítico. Simultáneamente, se buscará que el estudiante, una vez culminado el proceso de aprendizaje de un concepto o modelo, lo pueda reconocer en diversos contextos, incluido el contexto de la matemática. Llegar hasta el ¡Ahá!, el “Clic”, el cierre de

⁷ Solomon Garfunkel, Compac Inc. Lexinton, MA, EE.UU.

la Gestalt. Es el carácter abstracto que le da a la matemática su capacidad para ser aplicada en diferentes contextos y situaciones.

Principio de evaluación. La tensión entre la selección y el cultivo de los talentos cruza los esfuerzos por innovar en la enseñanza. Los sistemas educativos tienden a comprometerse con el primer polo. Las pruebas nacionales y la forma de evaluar en aula tiende a “dejar atrás” a los que no alcanzan ciertos niveles. El fracaso escolar es casi sinónimo del fracaso en matemática y este fracaso estigmatiza condicionando el futuro del estudiante. Si se desea que la educación signifique desarrollo para todas las personas es indispensable repensar y remodelar la relación entre enseñanza y evaluación, entre selección de los mejores y el cultivo de todos los talentos.

Simultáneamente, y no independiente de la opción por el cultivo de talentos, son los materiales y procedimientos por los cuales se facilita el aprendizaje los que deben ser objeto preferente de la evaluación. Si no enseñan, si no facilitan aprendizajes de calidad y para todos, los materiales, procedimientos y prácticas deben ser revisados.

Principio de las aproximaciones sucesivas y redes de apoyo. Este principio apunta al corazón del proceso de creación curricular. Detectar la situación problemática, analizar las variables que intervienen, diseñar una solución o varias, poner a prueba, observar los resultados y corregir y/o optimizar, es el núcleo del proceso. “Equivóquese pronto y empiece a corregir” es una verdad pragmática bien conocida en desarrollo curricular. En el sistema educativo, la posibilidad real e interesante de poner en práctica ese ciclo pasa por la creación de redes de confianza sostenidas en el tiempo. Los procesos de producción-validación son oportunidades potentes de aprendizaje. Todos los que participan en esos procesos aprenden. Una red de personas basada en la confianza, en la creación de una visión común y en el beneficio de todos, es el ambiente natural para el nacimiento y el perfeccionamiento de una solución curricular.

Principio de la replicabilidad o consistencia de resultados. Por último, se trata de buscar soluciones que produzcan su efecto en

forma consistente e independiente de sus autores. El principio habla del necesario “destete” de los productos y de su capacidad de comunicación. Se usó al comienzo de este artículo la comparación con la música. Se debe generar “partituras” (materiales) que leídas e interpretadas por un docente generen la “melodía” (situaciones de aprendizaje y resultados) que sus autores crearon. Es un criterio muy exigente, pero de ser logrado da su verdadero valor a un esfuerzo de innovación como el que nos ocupa.

La configuración del espacio para la convergencia

Si “*el material de enseñanza representa un punto de convergencia de pensamientos, posibilidades, condiciones y opciones personales*”, y en los apartados anteriores se hizo explícita las condiciones, factores y opciones para esa convergencia, cabe la pregunta: ¿Cuáles son las características de un proceso de desarrollo curricular con la capacidad para generar soluciones y productos de modo de lograrla?

A continuación, se profundiza en la caracterización del enfoque adoptado para generar el programa de matemática para la enseñanza media que motivó este análisis y que debería dar origen a una propuesta particular de enseñar matemática, materializada en productos curriculares concretos y capaz de producir mejores resultados en los aprendizajes que alcanzan los estudiantes. En otras palabras, se describe cómo se espera alcanzar el “punto de convergencia” referido por Vega.

Las partes que deben converger

En este llamado “punto de convergencia” que, en definitiva, expresa una solución curricular validada y que opera en la práctica educativa cotidiana, la experiencia muestra que son muchas las partes y las visiones que se deben aunar para lograr que se produzca el efecto esperado, esto es, que más estudiantes logren más y mejores aprendizajes.

Por una parte están los profesores, sus conocimientos, sus creencias e intereses que devienen en prácticas pedagógicas persistentes y difíciles de cambiar. Una propuesta de desarrollo curricular que no contemple, desde sus fases iniciales de diseño, la visión y los problemas cotidianos que debe enfrentar un profesor en su sala de clases tiene altas probabilidades de fracasar en su aplicación concreta. De alguna manera, el material debe hablarle al profesor, convencerlo amigablemente de que vale la pena invertir tiempo y esfuerzo en aplicarlo, ser una fuente de inspiración y aprendizaje permanente que le permita un desarrollo profesional.

También juegan un papel las expectativas de los padres, que en muchos casos exigen al sistema educativo determinados resultados y logros académicos, pero sin un compromiso activo por entender más allá los intereses, motivaciones y expectativas de sus hijos. Ellos presionan al sistema y a los jóvenes para alcanzar ciertos logros, obteniendo un efecto exactamente inverso al que se quiere, ya que los jóvenes desarrollan reacciones afectivas adversas hacia el estudio de la matemática. También se da el caso contrario, en que se justifican los bajos logros académicos de los hijos basados en sus propios bajos logros (“yo también era pésimo para las matemáticas”) y en el supuesto, erróneo, que existe un atributo interno que defina a priori la capacidad de una persona para aprender matemática.

Otro factor crucial lo representa la institución escolar y, más específicamente, su equipo directivo. El liderazgo académico y profesional, junto con el compromiso por llevar adelante los cambios que implican la adopción de innovaciones educativas –cualquiera que ellas sean– resultan ser factores determinantes a la hora de evaluar impactos y logros obtenidos. Esto queda en evidencia claramente en la implementación del proyecto Enlaces, donde el uso educativo de la tecnología informática ha adquirido fuerza sólo en aquellos lugares donde hay profesores dispuestos a innovar y experimentar y equipos directivos dispuestos a apoyar dicha innovación y experimentación.

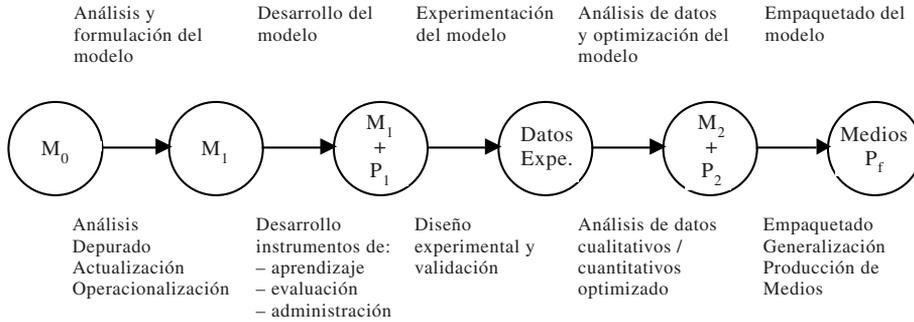
Ningún cambio, ninguna tecnología puede tener éxito si no cala hondo en los usuarios finales, no importando cuánto empeño hayan puesto los diseñadores y los constructores por tener el producto de la mejor calidad. La historia muestra numerosos ejemplos de tecnologías bien desarrolladas que sucumben ante las preferencias de los usuarios finales, quienes terminan adoptando otras, de menor calidad técnica pero que se adaptan mejor a sus deseos y necesidades concretas. Aquí el desafío es doble, pues cuando se hace desarrollo curricular se tienen dos usuarios finales con perfiles e intereses distintos –a veces incluso opuestos– como lo son el profesor y sus alumnos.

Cómo se desarrollará la solución curricular

Para abordar el desafío propuesto –en un ambiente de investigación y desarrollo, de cara al sistema educativo– se constituirá un equipo multidisciplinario para diseñar el programa, crear las unidades, los materiales para la mediación de los aprendizajes, ponerlos a prueba en situaciones de aprendizaje reales y se crearán los instrumentos y tecnología para su puesta en práctica en un nivel masivo. Se trabajará con liceos conectados al Centro Comenius a través del proyecto Enlaces, con los que existen lazos de confianza y comunicación frecuente. Estos liceos constituirán el laboratorio natural para los ensayos y pruebas experimentales a que se someterá los productos parciales del proyecto.

El equipo comprende especialistas en educación matemática, matemáticos y estadísticos profesionales, profesores de la asignatura que trabajan en el sistema, ingenieros y profesionales con experiencia en la creación de material de enseñanza, software para la educación, formación y capacitación de profesores y asistencia técnica en el sistema educativo.

El desarrollo del proyecto contempla cinco etapas, las que se describen en el diagrama siguiente, con sus respectivos productos finales esperados de cada etapa:



M₀: Modelo inicial, proveniente del proyecto Fondecyt anterior.
 M₁: Modelo reformulado, primera versión.
 P₁: Primeras versiones de los materiales e instrumentos de evaluación.
 M₂: Segunda versión del modelo.
 P₂: Segunda versión de los materiales.
 P_f: Producto final: modelo y materiales.

El proyecto supone la realización de tareas de distinta naturaleza organizadas en cuatro líneas de acción (Desarrollo, Investigación y Experimentación, Desarrollo Informático y Difusión y Transferencia) que confluyen en la generación, puesta en práctica y evaluación de la tecnología propuesta.

Consecuentemente, la metodología integra elementos de la metodología general de investigación con las de resolución creativa de problemas. Cada una de las líneas de acción presenta variaciones metodológicas acordes a sus requerimientos específicos, siendo la línea de investigación y experimentación la que integra las partes.

Caracterización de las etapas del proyecto

La primera etapa corresponde al análisis y reformulación del modelo. El foco de esta etapa está puesto en una mirada fresca y actualizada –a la luz de los nuevos avances en el campo– del modelo teórico existente y su operacionalización respectiva. La idea es afinar el modelo, ponerlo a tono con los nuevos hallazgos y hacerlo operacional mediante un adecuado diseño curricular. Se han considerado 6 meses para su ejecución, partiendo en julio y culminando en diciembre del 2001.

Durante la segunda etapa se desarrollará el modelo. Esta etapa es fundamental para el éxito del proyecto, pues es aquí donde se construirán las soluciones educativas (materiales educativos, material de referencia, software, sugerencias metodológicas) que constituirán la instancia del modelo interactivo propuesto. Además, se diseñará el procedimiento mediante el cual se verificará experimentalmente el modelo. Tiene una duración estimada 12 meses, comenzando en enero del 2002 y culminando en diciembre del 2002.

La metodología de desarrollo contempla ensayos en situaciones reales de aplicación de los diversos componentes del programa. Esto es, las guías de aprendizaje, las situaciones en que se propone material manipulativo, los proyectos y las soluciones computacionales serán sometidas a pruebas en pequeños grupos. Estas pruebas piloto arrojarán luces respecto a si lo que se está proponiendo es funcional o no, si produce efectos o no, y permitirá reformular sobre la marcha, de modo de poner en práctica el principio de “aproximaciones sucesivas” enunciado en la sección anterior.

A continuación, en la tercera etapa corresponde realizar la experimentación del modelo, la que se ha ajustado para que coincida con el periodo escolar, condición fundamental para realizar las pruebas. El foco de esta etapa es la validación experimental del modelo, donde se espera comprobar, con un adecuado nivel de confianza y validez, las hipótesis principales que sustenta esta propuesta. Tiene una duración estimada de 10 meses, comenzando en enero del 2003 y terminando en octubre del 2003.

Esto permitirá generalizar los resultados obtenidos en una experiencia anterior de menor escala (proyecto FONDECYT N° 194-1093), la que fue realizada en tres sitios experimentales. En esta oportunidad, se considerará la variación de las siguientes dimensiones: áreas del contenido matemático, tipo de establecimientos según condiciones de entorno (nivel socioeconómico, urbano-rural y dependencia administrativa), distancia al centro de investigación, medida en tiempo para viajar desde el centro al establecimiento y modalidad de recursos educativos empleados, guías de aprendizaje en modalidad papel,

guías de aprendizaje en modalidad electrónica y material manipulativo.

Una vez terminada la experimentación, corresponde la cuarta etapa de análisis de datos y optimización del modelo. Esta etapa tiene por objeto revisar, analizar y sistematizar toda la información que arroje la etapa de validación experimental y proceder, a la luz de dicho análisis, a optimizar todo el material educativo, de modo de asegurar una alta calidad. Aquí se contempla realizar algunos estudios en profundidad de carácter cualitativo, que permitan complementar la información obtenida de los experimentos. La duración estimada de esta etapa es de 5 meses, comenzando en noviembre del 2003 y culminando en marzo del 2004.

La quinta y última etapa es el empaquetado del modelo. El foco de esta etapa es “el pasar en limpio” el material después de pasar el tamizado de la optimización anterior. A esta altura del proyecto, todos los componentes del modelo están creados, probados, revisados y optimizados, por tanto sólo resta hacer el empaquetado para tener una presentación formal del producto como tal y redactar el informe final que dé cuenta de los resultados y los hallazgos del proyecto. Esta etapa tiene una duración de 3 meses, comenzando en abril del 2004 y culminando en junio del mismo año.

¿Podrá un docente hacer uso efectivo de los resultados del proyecto?

El propósito último del proyecto es llegar a la sala de clases y al estudiante de la Educación Media chilena. Esto es, crear y probar una tecnología que luego pueda ser utilizada por todos los liceos, profesores o alumnos que se interesen en ella. “Del macetero al potrero”, decía Patricio Cariola cuando era el director del CIDE⁸, y

⁸ CIDE: Centro de Investigación y Desarrollo en Educación, organismo autónomo fundado por Patricio Cariola en los setenta dedicado a la promoción de proyectos educativos.

lo volvió a repetir en una entrevista del año 1999 en diario “El Mercurio”. El proyecto contempla una línea de trabajo destinada a la generalización y la transferencia de la tecnología. Esa línea supone la realización de un encuentro masivo, que prepararía el terreno para la demanda de los productos del proyecto, a la vez que prepararía las condiciones para que los docentes, directivos educacionales, apoderados y sostenedores comprendiesen los alcances y potencialidades de esos productos y de la filosofía que los inspira.

También es válido preguntarse por las necesidades de capacitación de los docentes en el uso de estos recursos y por el papel que ellos desempeñarán en el proyecto y en la aplicación de sus resultados. Para componer una respuesta –compatible con el espacio– haremos uso de dos metáforas y de los resultados de experiencias previas. La primera metáfora es la ya referida del compositor y el intérprete y las correspondencias de éstos en la partitura y los instrumentos. La segunda remite a la diferencia entre algunos peces y algas disecados para su exposición y un acuario o ambiente natural en el que pueden sobrevivir y desarrollarse.

De una parte, es decisiva la participación temprana y continua de docentes en un proyecto de desarrollo curricular. Se trata del “encuentro de dos saberes”, el práctico y situado con el general (teórico) y especializado. El encuentro creativo y colaborativo de docentes y especialistas es una condición necesaria para el éxito de una propuesta como la que nos ocupa.

La experiencia nos ha mostrado que sin instrumentos adecuados es muy difícil apartarse de la práctica de pizarrón y tiza, que es la tecnología alternativa más frecuente. De hecho, por eso es tan común. Así, crear los instrumentos adecuados es una condición necesaria para el cambio en los patrones de conducta usuales de docentes y estudiantes en una sala de clases.

La existencia de instrumentos no inhibe la creatividad, ya que el ejecutante es también un creador, tal como lo es el autor de la partitura. Los docentes que hemos observado trabajando con material

didáctico incorporan su propia visión, su propio conocimiento, su propio estilo. De la experiencia con adultos en los años setenta, concluimos que en todos los lugares en que se usó el material los resultados fueron significativamente superiores a los grupos control, pero que, por sobre un cierto “piso” de resultados, la calidad y creatividad de los docentes explicó las diferencias. Esto es, hubo un amplio espacio para la originalidad y la actuación profesional y allí donde esto último no se dio, los resultados existieron igual, pero en menor medida. Además, los resultados previos mostraron que la aplicación de material que facilita interacciones entre los estudiantes, el conocimiento, entre ellos y con su profesor y entorno, es una fuente de aprendizaje para el docente.

También el aprendizaje de los investigadores fue significativo. De la interacción entre lo propuesto con los profesores y profesoras de aula resultaron materiales y soluciones más realistas, más pertinentes y de más viabilidad, que las que los investigadores imaginaron originalmente en el laboratorio de diseño. Consecuentemente, este proyecto incorpora docentes en todas sus fases, considera eventos para la inspiración y la creación de un pensamiento compartido, organización de encuentros y talleres para la puesta en común y el intercambio de experiencias. El diseño incorporará el conocimiento adquirido de estos procesos a los productos y servicios, y el resultado final debe ser un “negocio” (el germen de una importante industria educativa nacional) que se autosustenta económicamente para poder mantener este organismo vivo y en desarrollo.

Por último, esta es una de las razones por las que se propone la creación de una solución sistémica, con vida en torno al programa y las situaciones que espera apoyar o resolver. Esta es la razón de proponer una “red de apoyo”, un “laboratorio permanente”, con servicios y recursos que apuntan a corregir, intercambiar experiencias y a mantener la dinámica generada por los productos –los “peces vivos”– en el sistema. El proyecto busca desembocar, en una segunda etapa de desarrollo, en un servicio autosustentado, con un centro produciendo, modificando, apoyando y usuarios que adquieren esa tecnología, la usan y la optimizan para sí.

La red electrónica amplía las posibilidades y modifica las condiciones

Es interesante notar que si se espera que los más de 6.000 establecimientos educacionales que dispondrán de tecnología informática el año 2000 hagan uso de esa tecnología, de modo que el esfuerzo del proyecto Enlaces produzca el esperado impacto en los aprendizajes, una condición necesaria elemental es la accesibilidad a recursos que permitan su uso en la enseñanza y en el aprendizaje. En efecto, esta tecnología requiere de “contenidos”, recursos especialmente diseñados para su aplicación en la enseñanza.

Un nuevo horizonte de posibilidades se abre al progresar la iniciativa que impulsa el MINEDUC, con el concurso de empresas de telecomunicaciones, destinada a conectar el total de los establecimientos educacionales subvencionados del país a la red Internet. Por su naturaleza y ritmo de desarrollo las tecnologías informáticas son cambiantes, diversificadas y su uso requiere de una actitud de aprendizaje permanente por parte de sus usuarios.

Un punto de vista interesante para ampliar este análisis lo plantea Arthur Levine, presidente del Teachers College, Columbia University, en su artículo “How the Academic Profession is Changing”, quien afirma “existe una percepción subcutánea que los institutos y universidades están cometiendo el mismo error que los ferrocarriles. Ellos creyeron estar en el negocio de los ferrocarriles; se centraron en hacer trenes más grandes y mejores. El problema es que realmente estaban en la industria del transporte y, como resultado, fueron descarrilados por los aviones. Similarmente, se puede decir que la educación superior está cometiendo el error de creer que está en el negocio del campus, cuando está en un negocio mucho más lucrativo, la educación superior. Compañías de alta tecnología están mirando a la educación fuera del campus como una oportunidad”.

La red Internet, por su parte, exige nuevas competencias de parte de los usuarios y, simultáneamente, abre la posibilidad para que existan sitios especialmente diseñados para el apoyo de la Reforma,

en general, y para la aplicación de los nuevos programas de matemática, en particular.

Este conjunto de situaciones demanda del sistema educativo, de sus actores y de sus instituciones una actitud que difiere en gran medida con la impuesta como consecuencia de las condiciones que se espera superar (Vega, 1999). Las instituciones que hacen uso de la informática requieren de modos de gestión y de acceso al conocimiento más “abiertos” que lo que la cultura escolar muestra en la actualidad. Ninguna organización aislada podría permanecer al día en estas materias. Es más, se requiere de redes de trabajo que conecten las instituciones y las personas con centros de conocimientos y con capacidad para resolver problemas técnicos.

En estas materias el proyecto generará y pondrá a prueba diferentes entradas al uso educativo de la tecnología. De una parte las unidades contarán con simulaciones, actividades para realizar en la planilla electrónica y otros software adecuados al uso local de un computador personal. Una segunda aproximación será el desarrollo de un sitio web experimental, para que docentes y alumnos encuentren recursos de aprendizaje y realicen proyectos colaborativos con personas fuera de los muros del liceo.

Proyecciones e impactos esperados⁹

La comprobación de las hipótesis que sustenta el proyecto “Aprender matemática creando soluciones” arrojarían elementos importantes para avanzar en la validación más general de un marco teórico acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática escolar. Esto, de por sí, implicaría un aporte al conocimiento general acerca de cómo desarrollar situaciones efectivas de aprendizaje, sustentadas en medios y recursos materiales, que potencien una relación

⁹ Los autores reconocen y agradecen los aportes realizados por Guillermo Garrido para el desarrollo de esta sección.

más enriquecida e interactiva del estudiante con el conocimiento. Esta caracterización del aprendizaje deseable es muy recurrente en los modelos teóricos; sin embargo, es muy difícil encontrarla en ambientes reales de aprendizaje, ni menos a escalas masivas o de sistemas educativos.

La tesis de que en situaciones de aprendizaje tendemos a enseñar como aprendimos, refleja de cierto modo el nivel actual de la educación en Chile. Generaciones que sólo han conocido el método expositivo no pueden enseñar de otra manera. Aun cuando en otras sociedades este método pareciera ser efectivo, claramente en nuestra sociedad no lo es, ya sea por la formación deficiente de los profesores o por nuestras propias características culturales y sociales. En este sentido, aportar soluciones curriculares probadas científicamente propondría un avance sustantivo del conocimiento en el área de educación.

Por otra parte, el hecho de mejorar la metodología de enseñanza de la matemática puede producir, en un futuro cercano, nuevos talentos científicos en esta área y estimular, en general, el gusto y el interés por los aprendizajes de las ciencias puras. Esto ayudaría, probablemente, a revertir la tendencia de que cada vez menos estudiantes se interesan por seguir carreras relacionadas con matemática pura, que en el largo plazo puede tener efectos negativos en el desarrollo científico del país.

También se espera abrir nuevos horizontes en la educación chilena, puesto que se generarían las condiciones para cambiar una forma actual y generalizada de hacer educación –que podemos caracterizar de pasiva– por una interactiva, donde el propio alumno encuentra respuesta a sus inquietudes, es decir, aprende creando soluciones. En otras palabras, aportaría herramientas para lograr lo que la reforma educativa propicia.

Esto puede significar un impacto en la estructura educacional completa. Por una parte, las clases actuales pueden ser transformadas en clases dinámicas, interactivas, con preguntas y respuestas del

docente y los alumnos, con intercambio de información entre ellos. Así, los típicos roles distinguibles en un aula podrían ser superados y ya no se presentarán con la misma frecuencia según esta nueva modalidad. El alumno cambia su rol de oyente pasivo por uno más activo de descubridor y hacedor. Este cambio, a la larga, repercutirá en la educación superior, las empresas y los centros de investigación, otorgándole al país la posibilidad real de cambio en sus estructuras sociales, puesto que contará con personas más calificadas, acorde a lo que el actual nivel de desarrollo exige y, a juzgar por los resultados, no se está logrando con la celeridad que se los requiere.

Otro ángulo para mirar es el de la equidad (CEPAL, 1992). Como se ha podido comprobar una vez más en los resultados de la prueba SIMCE, existe una correlación positiva entre el nivel de ingresos del alumno y el puntaje obtenido. En el quintil de más bajos puntajes están concentrados muchos establecimientos municipalizados (que son los que atienden, en general, a la población de más bajos ingresos). En cambio, en el quintil de más altos puntajes, disminuye ostensiblemente el porcentaje de estudiantes provenientes de establecimientos municipales y se produce un aumento drástico de aquellos que provienen de colegios particulares subvencionados y particulares pagados. Esto muestra que existe un sesgo en la asignación de recursos efectivos para la educación y, por ende, para las oportunidades futuras. Uno de los impactos esperados del proyecto es que los resultados de estas mediciones tiendan a nivelarse, esto es, más estudiantes provenientes de colegios municipales alcancen mejores puntajes.

El uso de nuevas tecnologías trae consigo un importante aumento de la necesidad de capacitación para los usuarios, en este caso los profesores. Esto implica que deberán utilizar nuevos conceptos, nuevos marcos de referencia, nuevas herramientas de planificación y trabajo en su labor docente, lo que irá en teórico aumento. La puesta en práctica de un modelo interactivo de aprendizaje requiere de maestros con otras capacidades (Clarke, 1997), como, por ejemplo: capacidades de manejo grupal, manejo de ambientes variados, uso de material de enseñanza, desarrollo aprendizaje continuo.

Lo anterior supone que el rol del maestro variará y requerirá de nuevas capacidades, las que deberán ser previstas y desarrolladas tanto en su formación profesional como dentro de su vida laboral. Esto tiene un doble significado. Por una parte la formación tenderá a ser más universal y profesional, en el sentido de manejar con un adecuado nivel de profundidad temas de diferentes áreas del saber. Por otra parte, dadas las actuales tendencias en el desarrollo de las profesiones, se puede esperar que dentro de la formación de los docentes se exija la capacidad de adaptación permanente y el continuo reciclaje de conocimientos profesionales, lo que redundará en una actualización constante. Inevitablemente, la tendencia es que los maestros que reúnan estas características serán bien evaluados y, por lo tanto, requeridos preferencialmente, lo que motivará la competencia, la apertura y la profesionalización de la labor docente.

También el uso de materiales y tecnologías educativas diversas implica un aumento en los niveles de escolaridad, puesto que se tenderá a modificar la actual concepción social del aprendizaje. Los alumnos ya no asociarán, necesariamente, sólo el aula y el maestro como sinónimos de conocimiento y aprendizaje. El hecho de que los estudiantes se vuelvan personas más activas en la búsqueda del saber, gracias a su curiosidad estimulada en el modelo interactivo, potenciará el que ellos definan sus propias soluciones acorde con sus necesidades de conocimientos. Esto debería tener un impacto en los niveles de escolaridad, puesto que las clases presenciales serán más efectivas y los niveles de ausentismo no repercutirán de la misma manera que con los actuales sistemas de enseñanza. Adicionalmente, la curiosidad estimulada ayudará al estudiante a buscar sus propias soluciones en cualquier momento, fuera del aula inclusive, lo que aumenta las posibilidades de aprendizaje efectivo. Esto nuevamente incide en los niveles de escolaridad que, podemos asegurar, tenderán a crecer.

Un punto de vista a considerar cuidadosamente es el impacto en el medio ambiente. En efecto, desde un punto de vista general medio ambiente implica también seguridad, calidad de vida, ergonomía y

otros. Creemos que este proyecto incide en todos los ámbitos propios de la vida escolar, pero especialmente en las condiciones de trabajo para alumnos y profesores. Sostenemos que habrá un impacto en el ambiente de trabajo, el cual mejorará, puesto que la sala de clases pasará a ser un lugar de encuentro más que un lugar de oratoria. Podemos asegurar que el espacio físico variará y con él se incorporarán una serie de características nuevas que no han sido incorporadas hasta ahora, como: la modularidad del mobiliarios y equipos, los materiales y la disposición final de la sala de clases, el uso del espacio tridimensional (muros, cielos). Lo anterior es congruente con la propuesta de nuevos espacios educativos, realizada por el MINEDUC en un trabajo conjunto con la UNESCO y el Ministerio de Obras Públicas (Guía de diseño de espacios educativos, 1999), donde caracterizan, desde el punto de vista de la arquitectura, las salas de clases que la reforma propicia.

Desde esta perspectiva el proyecto tiene un impacto ambiental positivo creciente. Las condiciones actuales de desarrollo de una sala de clases están limitadas, muchas veces, por el ambiente de trabajo. En la medida que el alumno y el profesor crezcan en su relación y se haga más equilibrada, pensamos que estas deficiencias se irán eliminando. Esta propuesta educativa no sólo posee la característica de actuar sobre el aprendizaje del alumno, también producen una renovación en el clima de trabajo y el medio ambiente.

No deberíamos esperar mucho para que, motivados por el cambio en los modelos de aprendizaje, los alumnos y profesores comiencen a preocuparse y exigir mejoras en el ambiente físico de trabajo, tratando de optimizar los resultados del tiempo que se dedica al aprendizaje. Para ello se necesitarán ambientes limpios, luminosos y sin ruido. Mobiliario diseñado ergonómicamente para mayor comodidad, materiales libres de contaminantes, seguridad en el diseño de los espacios físicos, etc. Ayudar a provocar este proceso es otro de los sueños del equipo que sustenta esta propuesta.

Finalmente, ya realizado el análisis de las condiciones, los criterios que el producto debe satisfacer y la descripción del proceso me-

diante el cual se pretende generar los recursos de aprendizaje de una propuesta específica de desarrollo curricular para la enseñanza de la matemática en el nivel secundario, es importante volver sobre la idea de la solución curricular como la concreción de un proceso de convergencia. El aprendizaje individual es un fenómeno complejo y sobre el cual hay muchos estudios en marcha y constantemente se producen hallazgos que aportan nuevas luces sobre él. La sala de clases, como el lugar típico (no el único por cierto) donde se produce el aprendizaje en el contexto escolar, es donde deben reflejarse los cambios derivados de una solución curricular, los cuales afectan tanto al estudiante como al profesor que tiene la responsabilidad de conducir el proceso. Luego, el proceso para llegar a encontrar estas soluciones, necesariamente, debe ser dinámico, con participación de los múltiples actores, sostenido en el tiempo y abierto a sufrir constantes adecuaciones que permitan mejorar y mantener al día la solución. Es a esto lo que apunta la metáfora que compara el desarrollo curricular con los peces vivos que nadan en la pecera. El vertiginoso avance del conocimiento y de la tecnología en la sociedad actual impone la necesidad de buscar soluciones educativas flexibles, adaptables y dinámicas, que respondan a altos estándares de calidad y, por sobre todo, avancen, se desarrollen y perfeccionen de la mano de las necesidades de sus usuarios: profesores y estudiantes, para quienes han sido diseñadas.

Referencias bibliográficas

- Araya, Roberto** (2000). *Inteligencia Matemática*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Baeza, Ricardo** (1997). Comenta, Libros sobre la enseñanza de la matemática en Chile en Reflexiones y experiencias sobre la enseñanza de las matemáticas. *Estudios Públicos* N° 68, primavera 1997. Santiago, Chile: Centro de Estudios Públicos.
- Bourbaki, N.** (1953-1961). *Eléments de Mathématiques Livre III, Topologie General, Actualités Scientifiques et Industrielles*, 1142-1196, Herman, París.

- CEPAL** (1992). *Equidad y transformación productiva: un enfoque integrado*. Santiago, Chile: CEPAL.
- Clarke, Doug M.** (1997). "The changing role of the Mathematics Teachers". *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 28, N° 3, mayo 1997, pp. 258-277.
- Davis, Robert** (1964). *Discovery in Mathematics. A text for the teacher*. Addison Wesley.
- Davis, Robert** (1967). *Explorations in Mathematics a text for the teacher*. Addison Wesley.
- Dienes, Zoltan P. y E.G. Goulding** (1970). *La Geometría a través de las transformaciones*. Editorial Teide, Barcelona.
- Gardner, Howard** (1998a). "Implicaciones educacionales de la Teorías de las Inteligencias Múltiples". En: *Inteligencias Múltiples en Educación*. Santiago, Chile: AutoMind Educación.
- Gardner, Howard** (1998b). "Cómo usar las Teorías de las Inteligencias Múltiples en educación". En: *Inteligencias Múltiples en Educación*. Santiago, Chile: AutoMind Educación.
- Glass, G.** (1972). "Educational Product Evaluation: a prototype format applied". *Educational Researcher*, 1 (enero).
- Levine, Arthur** (1997). "How the Academic Profession is Changing". *DAEDALUS Journal of the American Academy of Arts and Sciences*, Fall 1997.
- Ministerio de Educación** (1999). *Guía de diseño de espacios educativos*. MINEDUC: Santiago, Chile.
- Ministerio de Educación** (1998). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la Educación Media*. MINEDUC: Santiago, Chile.
- National Research Council** (1990). *Reshaping School Mathematics, a philosophy and framework for curriculum*. Mathematical Sciences Education Board. Washington D.C.: National Academy Press.
- National Research Council** (1989). *Everybody Counts. A Report to the Nation on the Future of Mathematics Education*. Washington: National Academy Press.
- NCTM** (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Sevilla-España: Sociedad Andaluza de Educación Matemática "THALES". Washington: The National Council of Teachers of Mathematics Inc.

- Oteíza, Fidel, Juan Silva y otros** (2000). “Computadores y comunicaciones en el currículo matemático: aplicaciones a la Enseñanza Secundaria”. V Reunión de Didáctica Matemática del Cono Sur, 10 al 14 de enero, Universidad de Santiago de Chile.
- Oteíza, Fidel y Hernán Miranda** (1998). “La Matemática Escolar, un marco de referencia y modelos operativos para su puesta en práctica”. Informe final proyecto Fondecyt N° 194-1093, Universidad de Santiago de Chile.
- Oteíza, Fidel, Juan Silva, Hernán Miranda y otros** (1998). “La tecnología informática como recurso transversal, el currículo escolar: conceptos, experiencias y condiciones para su puesta en práctica”. En *Pensamiento Educativo*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol. 22.
- Oteíza, Fidel y Hernán Miranda** (1996). “La evaluación del aprendizaje matemático: aplicaciones a la resolución de problemas presentados verbalmente”. En: *La Matemática en el aula: contexto y evaluación*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- Oteíza, Fidel y Patricio Montero** (1994). *Diseño de Currículum, modelos para su producción y actualización*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación, Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación.
- Oteíza, Fidel** (1991). *Una Alternativa Curricular para la Educación Técnico Profesional*. Santiago, Chile: CIDE.
- Oteíza, Fidel y equipo** (1990). *Aprendiendo Matemáticas. Un programa para adultos*. Santiago, Chile: CIDE.
- Oteíza, Fidel, Nadja Antonijevic y Patricio Montero** (1990). Una aplicación de la inteligencia artificial a la mediación del aprendizaje independiente. Santiago de Chile: *Revista de Tecnología Educativa*, Volumen XI, N° 3, pp. 193-214.
- Oteíza, Fidel y Nadja Antonijevic** (1987). “Factores que inhiben y factores que facilitan el aprendizaje matemático”. Documento base de las *Quintas Jornadas de Educación Matemática*. Santiago, Chile: USACH.
- Oteíza, Fidel** (1976). “A Study of the Effectiveness of Specially Designed Instructional Materials to Support a Given Pattern of Classroom Interaction”. Pennsylvania State University. Tesis doctoral, no publicada.

Riera, Gonzalo y otros (1998). *Matemática Aplicada*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación, Editorial Zig-Zag.

Seltzer, Kimberly and Tom Bently (1999). *The creative age, knowledge and skills for a new economy*. Londres: Demos Panton House. mail@demos.co.uk

Vega, Rodolfo (1999). "The Web: Reflections on the Challenges and Opportunities for Pedagogy and Teachers". 43 Annual Conference of the Comparative and International Education Society, March 7-12, 1999, Toronto, Canadá.