REVISTA PROYECCIONES N° 12:3-16
Diciembre 1986 - ISSN 0716-0917
Jornada Matemáticas, Agosto 1986.

ENSEÑANZA DE LA MATEMATICA, DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA: EL ROL DE LAS COMUNIDADES CIENTIFICAS**

Dr. FIDEL OTEIZA M.*

En esta oportunidad quisiera compartir con ustedes algunas experiencias obtenidas en el ejercicio de mi trabajo, enunciar algunas de las preguntas surgidas de él mismo y someter al análisis de ustedes algunos conceptos y una proposición tendiente a buscarles respuestas.

Al estudiar las deficiencias encontradas en la formación matemática de los estudiantes de diferentes niveles, en distintos grupos sociales, a lo largo de varias regiones del país, se detecta la existencia de una cadena de vacíos interrelacionados y mutuamente interdependientes. Sobre la base de una breve descripción de esas deficiencias y de un modelo de análisis quiero proponer a la consideración de las comunidades científicas nacionales -representadas en esta oportunidad por los participantes a este encuentro- un modo de pensar y algunas acciones.

* Académico Departamento de Matemáticas y Ciencias de la Computación.
Universidad de Santiago - Chile.

** Charla Inaugural. V Jornada de Matemáticas. Universidad del Norte - Chile.

La tesis central de esta presentación se puede resumir del modo siguiente:

El conocimiento y la actitud científica -por lo tanto la capacidad para modelar el comportamiento de sistemas y para indagar y sistematizar las causas, las relaciones y las implicaciones de la existencia de fenómenos y modelos, junto con la curiosidad intelectual y el espíritu crítico e integrador- adecuada y oportunamente puesto al alcance de toda la población nacional, puede ser una de las contribuciones más importantes que para el progreso de la nación y del tercer mundo, pueden ofrecer las comunidades científicas. La validez de esta afirmación y el valor de esa contribución, dependen, naturalmente, de que se cumplan determinadas premisas.

Esas premisas se fundamentan en el principio siguiente: para que el conocimiento contribuya al desarrollo de la sociedad en la que se da y que lo hace posible, se debe fortalecer y dinamizar las relaciones entre el sistema que produce, organiza y acumula conocimiento: la ciencia y la actividad intelectual; el sistema que interactuando con problemas concretos, aplica ese conocimiento: la tecnología; el sistema que genera los bienes materiales indispensables para sustentar la vida del conjunto: el sistema productivo; y el sistema que prepara a toda la población para que asuma la vida propia y la de la sociedad misma: la educación.

Quiero mostrar también que las relaciones entre estos cuatro sistemas -en Chile y en el tercer mundo- son incipientes, inexistentes o disfuncionales. Por último sostendré que en la base de las contribuciones de la ciencia al desarrollo económico, social y cultural, se encuentra precisamente el reforzamiento de las relaciones entre los sistemas antes mencionados: conocimiento, tecnología, producción y educación.

EL SISTEMA EDUCATIVO OPERA EN CONDICIONES MINIMALES.

Para comenzar despejemos el análisis de algunos lugares comunes y creencias sobre la educación que entorpecen la comprensión del fenómeno y dificultan, por lo tanto, su conducción y las posibilidades de modificarlo.

Muchos piensan que el factor más importante lo constituyen los profesores, consecuentemente, se piensa que ellos son los responsables y quienes deben de realizar los cambios que se estiman indispensables. Son los profesores los que "no saben" o no tienen la debida formación, en último término todo debe pasar por ellos antes de llegar a los alumnos. Otros cifran sus esperanzas en los planes y en los programas: más horas de clases, programas actualizados y acordes con el progreso del conocimiento, este ha sido el sentido de varias de las reformas que hemos conocido. No faltan los que piensan que deben elevarse los niveles de exigencia, se basan en un hecho conocido: bajo presión todos hacemos lo que en otras condiciones no habríamos hecho. Para muchos son los textos, los medios y ahora los computadores los que podrían significar un cambio. La lista se podría continuar, todas estas opiniones tienen una base de verdad, el problema es que son parciales.

Casi durante toda mi vida profesional he estado involucrado en la formación y en el perfeccionamiento de profesores; durante los últimos quince años he diseñado, puesto en práctica y evaluado innovaciones educativas; trabajo en el desarrollo de sistemas de aprendizaje; hago investigación y conozco -con cierta profundidad- los resultados de la investigación en el área; y puedo afirmar que ninguno de esos factores, ni siquiera una combinación de ellos, puede modificar sustancialmente lo que la educación es, hace o produce.

Es indispensable buscar en otras partes. Sucede que la preguntas más o menos profundas acerca de la educación golpean centros muy sen-

sibles de la sociedad, de la economía y de la política. Esta es una de las razones por las cuales se adoptan posturas más bien superficiales, se trabaja sobre lo que se puede o sobre lo que no molesta.

El sistema educativo -tal como lo conocemos hoy- es el resultado de un largo y complejo proceso de destilación y de maduración. Se trata de una historia larga y ancha. En el núcleo de ese sistema se encuentra una célula básica: la clase. Un grupo de seres humanos, que supuestamente se beneficiarán o necesitan determinados conocimientos, y otro, al frente de ellos, del que se supone que está más adelantado en las materias de estudio. En una sala invariablemente rectangular -las variantes son insignificantes- con una estructura notablemente rígida y usualmente no que rida, en cada curso, en cada escuela, en todos los niveles, en todos los países del mundo, repetida desde hace más de 300 años, se celebra el mismo acto: la clase. La relación es de uno a muchos, la tecnología, la voz y la pizarra. La escuela, el liceo, la academia, el instituto y las universidades han organizado todo su sistema administrativo para albergar y permitir el funcionamiento de esta célula. La experiencia ha mostrado que estas organizaciones son extremadamente difíciles de modificar, y que el sistema sustentado en ellas lo es más. En realidad no se ha encontrado un procedimiento más económico, más simple, menos consumidor de energía y que posea la capacidad demostrada por la clase de operar bajo cualquier condición, casi sin nada, se trata de una condición de mínimo. Cualquier modificación, que altere cualquiera de las variables que en ella intervienen: alumnos, profesor, medios, contenidos, secuencia, duración, etc., implica una inyección de energía al sistema. Cada vez que se introduce una perturbación, las llamamos innovaciones, éstas duran lo que la inyección de energía dura. El sistema educativo opera en condiciones minimales. todo cambio interno implica consumo de energía externa.

LAS DECISIONES QUE DETERMINAN LA FORMA DE LA EDUCACION SON DE ORIGEN SOCIAL, ECONOMICO Y POLITICO.

Los sistemas educativos son el resultado de complejas decisiones

-y de poco claras omisiones- que se han dado y que se dan en el orden social, económico y político. En todo caso en niveles en los que los educadores y los propios administradores de los sistemas no tienen ni acceso ni poder. Los efectos de la educación se observan en el futuro, en el largo plazo, y esos efectos son para seres humanos diferentes a los que deciden. Las sociedades manejan muy mal los asuntos relacionados con el largo plazo. Los bosques se queman y se talan, si se los reemplaza se lo hace con maderas blandas, de crecimiento rápido, para alcanzar a ver los beneficios. El mar se explota y se abusa, el aire se quema y contamina, el petróleo sirvió para que no más de cien años de humanidad se movilизace. La radioactividad ha sido experimentada con fines casi exclusivamente bélicos y sus secuelas durarán siglos. Indudablemente que el hombre no ha sabido tratar con fenómenos que van más allá que sus propias vidas. La educación se inscribe entre estas preocupaciones y se la resuelve mal.

En la base de muchas de las decisiones por omisión se encuentra el temor al conocimiento, en particular al temor de que el conocimiento esté en manos de otros. Sin ir más lejos, quién no teme que sus hijos aprendan? ¡quién sabe qué pueden hacer! Que aprendan sí, pero poco, de a poco. Consecuentemente, la escuela es más un freno para la juventud que una puerta para el conocimiento y el crecimiento ilimitados.

Desde otro punto de vista, ¿cuáles son los servicios que la sociedad está dispuesta a financiar? ¿dónde pone la sociedad sus recursos? Tanto en el nivel individual como en el social la ponderación es jerárquica, y en ambos casos la educación ocupa un lugar bajo. Los asuntos financieros, los económicos, los legales, los habitacionales, la salud, la alimentación, el vestuario,... incluso las diversiones, la lista es larga antes de llegar al libro, al bien cultural o a la educación.

Las decisiones que tienen efectos en la educación se adoptan fuera de la escuela y son muy globales; en su mayoría son el producto no reflexionado de la acción de la sociedad completa. Los que trabajan en el interior del sistema sólo tienen acceso a variables de corto o mediano al

cance.

LA EDUCACION TIENDE A REPRODUCIR LAS CONDICIONES Y LOS VALORES DE LA SOCIEDAD.

Cada organización social propone un futuro a sus generaciones jóvenes. El sistema educativo no es más que uno de los elementos de que dispone para hacerlo. La prensa, la radio, la televisión, el discurso de sus gobernantes, el de los artistas, el de sus científicos, junto a la propaganda, la calle, la arquitectura, el paisaje urbano, el comercio, la propia organización social, la organización del trabajo, los deportes, los juegos, etc., son todas manifestaciones poderosas de los valores y de los objetivos de la sociedad. En conjunto estas manifestaciones conforman el espacio simbólico que socializa al individuo e incluso modela las escuelas y las otras componentes del sistema educativo propiamente tal.

Para comprender el futuro que prepara una sociedad es más importante analizar ese espacio, que conocer los programas de estudio. En esta oportunidad me limitaré a señalar los valores o mensajes negativos que podrían ser revertidos con una adecuada formación humanista y científica. La observación de los factores antes señalados, permite afirmar que se trata de un espacio cultural pobre que supone la mediocridad. Los medios de comunicación parecen no estar sometidos a ninguna crítica. En efecto, si juzgamos por la cara que se atreven a mostrar, no cuentan con ser analizados críticamente ni temen el juicio público. El comercio, por su parte, trasmite la confianza en el azar, en los sorteos como fuente de las preferencias del comprador. Por medio de este proceder enseña a confiar más en el azar que en el esfuerzo propio o la capacidad, un mensaje de dependencia. La organización económica y laboral prepara a cientos de miles de niños para pedir, para depender de la limosna a cambio de caras llorosas o de servicios mínimos o inexistentes. ¿Para qué estudiar? ¿en qué trabajar?. La prensa exalta los méritos y resultados de un deporte en el que la inmensa mayoría sólo participa vicariamente. La violencia, la brutalidad son también alimento cotidiano. Todas situaciones o actitu

des en las que el individuo no tiene nada que ser o hacer. Parecen hablar con y para un ser desprovisto de comprensión, sin modelos de análisis, sin conocimiento causal y relacional, con seres desprovistos de la dimensión crítica, y de la capacidad para comprender intenciones o prever implicaciones. Hablan con y preparan ciudadanos desprovistos de formación humanista y desconocedores del pensamiento científico, ciudadanos formados para la dependencia antes que para hacer y para ser exigentes con ellos mismos y con los que los conducen.

UN MODELO DE ANALISIS.

¿Por qué reunir estas ideas y exponerlas frente a ustedes? ¿por qué proponerlas a las comunidades científicas, a las facultades de ciencias, a las sociedades científicas, a los departamentos de matemática, de física, química, biología o de informática?. Porque en el cultivo del espacio simbólico en el que se forman nuestros hijos y en el que vivimos todos, estas comunidades tienen un rol y su contribución es irremplazable. Junto a los científicos sociales, a los estudiosos de los fenómenos culturales y los económicos, en una postura totalizadora, integradora y comprometida, los científicos pueden y deben contribuir en la búsqueda de un mundo mejor, más justo, más armónico y para todos. Quise esbozar la complejidad del fenómeno y sus enormes proyecciones para dimensionar las expectativas y anticiparme a toda respuesta reduccionista o particular. Si bien todas las contribuciones son bienvenidas, sea esta un texto, un artículo de difusión, un filme documental, o un curso de extensión, tratándose de las comunidades antes mencionadas, se puede esperar una contribución maciza y de alcances conmensurables con la naturaleza del problema.

Como una aproximación al pensamiento en la dirección señalada, propongo un modelo de análisis -parte del marco de referencia del Grupo de Estudios en Educación Matemática de la Universidad de Santiago- y luego algunas de sus implicaciones.

En una sociedad que desarrolla sus propias herramientas de cre-

cimiento y que posee la necesaria independencia -los llaman desarrollados- el conocimiento es un elemento vital que circula alimentando -y alimentándose- entre cuatro subsistemas interdependientes y fuertemente vinculados: el formado por los científicos e intelectuales que acumulan, sistematizan, producen, critican y evalúan el conocimiento; el formado por quienes aprenden a usar el conocimiento y a aplicarlo, la tecnología; el formado por el conjunto de recursos humanos y materiales organizado para producir los bienes necesarios para toda la sociedad y el responsable de la educación de todos los ciudadanos. Ciencia, tecnología, producción y educación forman -en una tal sociedad- un sistema que dinamiza a la sociedad completa. Es tentador describir la cantidad de relaciones mutuamente enriquecedoras que entre pares de esos elementos se pueden dar, usaré de otro modo este espacio que ustedes me ofrecieron. Supondré que la relación armónica entre los mencionados subsistemas son deseables y fáciles de reconocer; me limitaré a mencionar un ciclo interno al antes descrito, me refiero a cuatro acciones sobre el conocimiento que facilitan la comprensión de las relaciones en cuestión: el conocimiento se produce, se aprende a usar, se lo aplica y se lo aprende. A esas cuatro acciones corresponden la ciencia, la tecnología, la producción y la educación, éste es el ciclo vital que debe cumplir el conocimiento para ser un motor y un orientador del desarrollo de una sociedad.

La segunda proposición del modelo es la siguiente: las relaciones entre los subsistemas descritos, en los países del tercer mundo y en particular en el nuestro, son débiles o inexistentes y han sido sustituidas o impedidas por múltiples relaciones de dependencia de cada uno de los subsistemas con sistemas de conocimiento o de producción de los países centrales. La importación de tecnología, la dependencia del sistema productivo, la exportación de talentos, la importación de textos, la ausencia de un pensamiento nacional, son algunos de los indicadores de esta situación. En una sociedad económica y políticamente dependiente, el ciclo que debe alimentar el conocimiento, es incipiente o está interrumpido.

Y la tercera proposición se refiere al marco necesario para que

el conocimiento puede dinamizar esas relaciones débiles o disfuncionales. Ese marco requiere de la contribución de la filosofía: ¿qué es el conocimiento?, ¿cuál es su validez?; de la axiología: ¿para qué?, ¿con qué fines?; de la ideología: ¿para quién?; de la ecología: ¿bajo qué condiciones se lo debe aplicar? y de la política para ponerlo en práctica.

UNA APLICACION Y ALGUNAS CONSECUENCIAS.

Esta ha sido una presentación necesariamente esquemática, quedan, por lo tanto, muchos elementos sueltos, pero pienso que tiene la fuerza y la consistencia suficientes como para fundamentar un pensamiento básico acerca del papel que debe jugar el conocimiento en la construcción del espacio simbólico nacional.

Una aplicación.

Hay un ejemplo de actualidad en el que el modo de pensar expuesto puede ser aplicado, me refiero a los efectos de la informática. Es indudable que estamos en medio de una transformación, de origen científico-tecnológico, y de carácter revolucionario. Tanto el mercado económico-financiero, como las relaciones laborales, como la ciencia y hasta los modos de pensar y de concebir la vida cotidiana están experimentando modificaciones profundas, rápidas y de alcance casi imposibles de anticipar. La educación no es una excepción, y está recibiendo con fuerza el impacto de las tecnologías relacionadas con la microelectrónica. En el ámbito nacional y regional se han planteado una cantidad de preguntas al respecto. ¿Cuál debe ser la actitud de los sistemas educativos frente al fenómeno informático?; tratándose de una tecnología costosa, ¿cómo evitar que los computadores se transformen en una nueva fuente de injusticia?; ¿debe enseñarse computación?; en caso afirmativo, ¿qué enseñar?; ¿qué formación requieren los profesores?... Al Grupo de Estudios en Educación Matemática de la USACH le ha tocado participar en una serie de eventos internacionales y la responsabilidad de actuar como consultor -en estas materias- para UNESCO y para dos Ministerios de Educación Latinoamericanos. La línea

de pensamiento descrita con anterioridad nos hizo llegar a proposiciones educacionales muy diferentes a las manejadas por la mayoría. En efecto, si se trata de responder esas preguntas y se considera el esquema: ciencia, tecnología, sistema productivo y educación y sus interconexiones, se llega pronto a formulaciones del tipo siguiente:

1. Dado que la informática modifica el campo laboral, el sistema educativo debe estudiar ese impacto y modificar su comportamiento para preparar a la sociedad en la dirección que aconseje ese estudio.
2. Más que decidir si se enseña o no computación es importante determinar la forma en que los ciudadanos se prepararán para vivir en una sociedad informatizada.
3. La computación es un fenómeno cultural, las habilidades y conocimientos necesarios para desempeñarse en una sociedad informatizada son diferentes y más complejos que los necesarios en la sociedad industrial. La robótica hace posible la producción masiva sin intervención de mano de obra poco calificada; en conjunto el mercado de trabajo se desplaza hacia la creación de bienes culturales y los servicios. Tendrán ventajas, entonces, las naciones que posean un sistema educativo democrático, en el que todos los ciudadanos alcancen buenos niveles de formación humanístico-científica. En un espacio simbólico más abstracto y más exigente, como el generado por la actual revolución científico-tecnológica, sólo los preparados para el trabajo creativo y con gran capacidad de aprendizaje autónomo podrán tener acceso a los beneficios del trabajo.
4. Para disponer del conocimiento necesario que permita mantener o lograr un mínimo de independencia, es indispensable la apropiación de la tecnología informática por parte de científicos y técnicos comprometidos con el desarrollo nacional. La apropiación creativa y generadora de conocimiento es fruto del trabajo científico, de la experimentación, de la aplicación a procesos de producción y de la adecuada preparación de

cuadros humanos. Es, por lo tanto, indispensable -lo contrario es sui
cidio- generar las condiciones para que ciencia, tecnología, produc-
 ción y educación, en una acción concertada y normada por políticas na-
 cionales, produzca el conocimiento y los técnicos que puedan informar
 el devenir del proceso informático en el país en un estrecho acuerdo
 con los países pobres sometidos a presiones similares.

Está demás decir que esta actitud es necesaria en todos los ám-
 bitos del saber y del saber hacer, no es este el momento de extenderse so
 bre estas materias, su importancia y envergadura obligan un tratamiento
 más profundo; pero el ejemplo puede ilustrar cómo un modelo claro e inte-
 grador genera un proceder diferente al modo inconexo y meramente reactivo
 que caracteriza la incorporación de la computación al sistema educativo
 nacional. Esa incorporación ha sido descrita del modo siguiente: En los
 establecimientos las decisiones las fuerzan los padres o los alumnos, lo
 que al menos tiene un origen válido, o son producto de presiones ejerci-
 das por las corporaciones que trabajan en computación. Existen estableci-
 mientos en los que la experiencia ha sido tan negativa que los equipos es
tán sin uso. En las escuelas de educación hay muy pocas experiencias y
 muy poco conocimiento como para orientar sus propios programas; el Minis-
 terio de Educación no tiene el personal calificado ni está preparando las
 condiciones para tenerlo en el corto plazo. Donde se hace algo se favore-
 ce el aprendizaje del lenguaje computacional BASIC o se usan las máquinas
 para ejercitación y práctica, una de las formas más primitivas de uso de
 la computación en educación.

Algunas consecuencias.

Para terminar propongo algunas consecuencias o proposiciones ten
dientes a caracterizar el papel de las comunidades científicas en la for-
 mación en ciencia, en matemática y en tecnología.

1. Para intervenir positivamente y con propiedad en los procesos educati
vos, se requiere de un conocimiento profundo. Son indispensables los

esfuerzos de investigación, experimentación y desarrollo mantenidos en el tiempo, bajo la conducción de investigadores idóneos y provistos de los recursos necesarios, para acumular el conocimiento y la experiencia indispensables para innovar en educación.

2. Por su naturaleza la educación es interdisciplinaria. Entenderemos por tal un estudio -usando las expresiones de Rolando Chuaqui- acabado y en profundidad de un problema y no el estudio superficial de muchos. Los científicos, dedicando parte de su esfuerzo a la solución de problemas educativos podrían contribuir, si logran un lenguaje común y una relación de colaboración y de mutuo respeto con los diversos especialistas que trabajan en estas materias.
3. Se deben estudiar los aprendizajes de orden superior y los aprendizajes relacionados con las actitudes. En estas áreas se actúa poco y mal, sin reconocer que precisamente en la formación de las estrategias cognitivas de orden superior y en el logro de una actitud positiva, curiosa frente a los fenómenos, analítica y crítica, el aprendizaje del conocimiento científico aporta elementos muy importantes y que, inversamente, son estos aprendizajes los que caracterizan el actuar del científico. La psicología contemporánea ha hecho progresos notables en el aprendizaje de las facultades cognitivas de orden superior y en el de las actitudes; estos adelantos deben estar presentes en los estudios acerca del aprendizaje científico y tecnológico.
4. La investigación en el área debe desarrollar y mantener una actitud atenta y crítica frente al uso que de la tecnología y del conocimiento se hace, fácilmente el saber y el saber hacer se transforman en armas de control y de mantención de la dependencia y de la esclavitud.
5. Las acciones de las comunidades científicas deben tender a crear o a reforzar las interrelaciones entre la producción científica nacional, la tecnología, los sistemas productivos y la educación. Todo esfuerzo en esa dirección contribuye a disminuir los alarmantes niveles de de-

pendencia a los que se encuentra sometido el país y el resto de los países pobres.

6. Se deben propiciar estudios y actitudes tendientes a clarificar los conceptos de conocimiento utilizados por los científicos. La desconexión, el desmembramiento son características destructivas -y no inocentes- del momento que vivimos. Se requiere de pensadores y de pensamiento integrador, tendiente a unir partes artificialmente separadas, a unir conocimientos parciales en la solución de problemas globales. La educación, espero haberlo mostrado, es uno de esos problemas en los que el pensamiento humanista y científico, en los que un conocimiento concebido en función de objetivos humanos es indispensable. Conocimiento y tecnología al servicio de los hombres y no para su destrucción o dominio es lo que necesitan los países y su gente.
7. Un modo de contribuir al desarrollo de un pensamiento encarnado en la solución de problemas válidos y de todos, podría ser la creación -o el reforzamiento- de entes dedicados a la relación sistemática entre el saber y el aprender, en cada centro universitario de ciencia, matemática o tecnología, así como en cada una de las sociedades científicas y centros de investigación. Esto es hacer propio de cada uno de estos centros la preocupación y la contribución de cada disciplina por la educación de todos los niños, jóvenes y adultos de la sociedad.
8. En materia de enseñanza de la ciencia, la matemática y la tecnología, existe en la actualidad, un vacío sorprendente y perjudicial. Ni el Ministerio de Educación ni ninguno de los centros de investigación y de desarrollo nacionales tienen especialistas o equipos encargados de la materia que hemos tratado en esta conferencia. En el nivel regional ni UNESCO ni la OEA, ni ninguna otra organización ha podido mantener los recursos para procurarse de la formación científica de la población latinoamericana. Invito a las comunidades científicas nacionales a colaborar con los esfuerzos que realizan diversos grupos de estudio y especialistas en la enseñanza de disciplinas científicas y tecnológicas.

cas, destinados a llenar ese vacío.

Las comunidades científicas tienen un conocimiento que procede de la sociedad toda; su responsabilidad con el desarrollo social es conmensurable con ese origen. Responder a los requerimientos de la sociedad exige a cada uno de los científicos el hacer uso de todas sus mejores facultades, de su capacidad para observar, para analizar, para anticipar, para predecir y para controlar y de ponerlas al servicio de objetivos socialmente válidos. Chile y todos los países pobres pasan por necesidades extremas que tienden a agudizarse. Nunca como ahora se han mostrado más odiosos e inaceptables los vínculos de dependencia y la ausencia de pensamientos nacionales. Los científicos deben poner al servicio de todos su conocimiento y su crecimiento personal.