

Renovando la enseñanza de la computación

Introducción

Latinoamérica se está enfrentando al gran desafío que presenta el desarrollo desmesurado que ha sufrido la computación a nivel mundial en estos últimos años. En esta "revolución informática", donde se valora a la persona por la información o educación que recibe, se hace primordial mantener vigentes los programas de computación en nuestras universidades.

Es por esto que para nuestro primer debate hemos invitado a tres profesores universitarios latinoamericanos, de Brasil, Chile y México, para que expongan sus visiones acerca de cómo se debe preparar a los estudiantes universitarios en computación. Se les ha pedido que expongan sus actuales experiencias y métodos y que comenten sobre los aspectos que necesitan cambiar o mejorar en sus programas de estudio. Además, se les ha solicitado que lean y comenten las ponencias de los otros participantes.

Esperamos que nuestros lectores disfruten nuestro primer debate y a la vez les invitamos a que nos envíen sus opiniones que publicaremos en nuestro próximo número.

© Tania Bedrax-Weiss 2000
tania@cirl.uoregon.edu

Ponencia 1

Renovando la Enseñanza de la Computación

© Miguel Jonathan 2000
jonathan@nce.ufrj.br

La enseñanza de la computación en la universidad se debe concentrar en 3 puntos principales:

1. Capacitar al alumno a comprender los principios fundamentales de la computación y del pensamiento algorítmico.
2. Exponer al alumno a las diversas tecnologías existentes para solucionar problemas clásicos de la computación: sistemas operativos, compiladores, bases de datos, computación gráfica, redes de computadores.
3. Fortalecer al alumno en una gama tan variada como sea posible de soluciones clásicas de problemas de aplicación de computadores, en forma de algoritmos, diseño de patrones, o marcos, con el objetivo de enfatizar el pensamiento sistemático.

Dicho esto, la metodología de enseñanza debe preparar al alumno para el aprendizaje continuo (aprender a aprender). Para fijar los conocimientos, la metodología debe proporcionar una combinación balanceada de teoría y práctica. En términos de distribución del tiempo, los 2 primeros años se deben concentrar en el ítem 1, en conjunto con el estudio de la base matemática y formal. Los demás ítems deben constituir el ciclo profesional del curso, de 2 a 3 años.

"Como se hace la enseñanza en este momento en su universidad y una pequeña discusión respecto de si lo que propone es un cambio o una continuidad de la política de enseñanza".

Actualmente en nuestra Universidad nosotros tenemos un curriculum aproximadamente dentro de lo que proponemos. De un total de 38 disciplinas obligatorias, existen 11 disciplinas de matemáticas y de teoría de la computación, en los 2 primeros años (4 disciplinas de Calculo Diferencial y Integral, Lógica Matemática, Lenguajes Formales, Algebra, Algebra Lineal, Matemática Combinatoria, Calculo Vectorial, Geometría Analítica,

Estadística y Probabilidades), más 3 Físicas. A los alumnos no les gusta mucho estudiar tanta Matemática y Física, pero nosotros consideramos fundamental esta fuerte base matemática y formal. También estudian intensamente la Programación de Computadoras, Análisis de Algoritmos con Estructuras de Datos y en Gráficos, el Cálculo Numérico, la Programación Lineal, y Evaluación de Desempeño (Performance Evaluation).

Los cursos obligatorios de tecnologías y aplicaciones procuran abordar los aspectos universales, y no productos comerciales específicos. Se estudian los circuitos lógicos y la arquitectura de computadoras, los principios de los sistemas operativos, los compiladores, las bases de datos, las redes de computadoras, los diversos paradigmas de lenguajes de programación, las bases de la Inteligencia Artificial, la Computación Gráfica, los fundamentos de la Ingeniería de Software.

Cada alumno debe también cursar nueve disciplinas electivas, algunas para especializarse en una o más áreas de su interés, y estas disciplinas están continuamente siendo expandidas (Arquitectura, Redes, Base de Datos, Análisis y Diseño de Sistemas de Información, Métodos Numéricos y Optimización, Automatización Industrial y Robótica, Informática Educativa, Redes Neuronales, Multimedia, Computación Gráfica, IA, etc.), y otras para complementar su formación personal, como Administración, Economía, Computadoras y Sociedad, Contabilidad.

La mayoría de los cursos exigen una gran cantidad de trabajos prácticos, y el alumno debe además hacer un Proyecto de Final de Curso, donde debe demostrar la capacidad de sintetizar los conocimientos adquiridos. El Proyecto debe ser presentado oralmente y por escrito, frente a 3 profesores.

El currículum actual es de 1993, y estamos en proceso de revisión curricular este año. Estamos preocupados en obtener una mejor integración entre las diversas disciplinas, y entre las disciplinas profesionales y sus disciplinas básicas. Hay una fuerte objeción de alumnos con relación a tantas Físicas. En realidad, el currículum tiene mucho de los cursos básicos de Ingeniería (Cálculo y Física), y nos gustaría tener una Física más conceptual y con menos cálculos y ecuaciones. Sentimos falta de disciplinas introductorias de Electrónica Digital y Tecnología de Microcomputadoras, y en la actualización tecnológica de algunas disciplinas, pero no creemos que obtendremos alteraciones muy substanciales en el currículum.

Ponencia 2

Reflexiones sobre Qué y Cómo enseñar Computación

© Ricardo Baeza-Yates 2000
rbaeza@dcc.uchile.cl

El hombre es el único animal que tropieza dos veces con la misma piedra.

Folklore popular.

Al parecer lo único que se aprende de estudiar historia es que nadie aprende de la historia.

Folklore erudito.

Todo está altamente interrelacionado.

Ted Nelson, el inventor de Xanadu.

Resumen

Qué y cómo enseñar son las preguntas fundamentales de nuestro quehacer como profesores. En este artículo analizo nuestro contexto educacional y presento dos propuestas que responden parcialmente estas dos preguntas.

Introducción

Comenzando con el nombre de nuestro entorno ya tenemos un problema. ¿Es Ciencia de la Computación y/o Ingeniería en Computación? ¿Es el apellido correcto computador, computación, computacional o informática? ¿Dónde calzan los sistemas de información o son otra área? Yo aún no tengo respuestas claras. Tal vez el problema es intrínseco. Como dice el chiste: la Ciencia del Computador (Computer Science) tiene dos problemas: Computador y Ciencia. ¿Han escuchado alguna vez una ciencia de las lavadoras o de otra máquina? ¿Necesitan las matemáticas o la física decir que son una ciencia? En definitiva es un problema de mayoría de edad, de madurez, y por ende, de inseguridad. En todo caso es claro que lo que hacemos tiene raíces tanto de la ingeniería como de la ciencia básica. Esta

inmadurez ha tenido impacto en la enseñanza de la computación, la que también está afectada por los problemas educativos generales tanto en ciencia como ingeniería.

Me gustaría comenzar citando a Peter Freeman [FRE97]:

Si comprometemos el núcleo de la computación, corremos el riesgo de perder habilidades básicas de largo plazo. Si fallamos en tomar en cuenta las preocupaciones de los profesionales del área, corremos el riesgo de quedar obsoletos. La clave es alcanzar el balance correcto, pero hay más de una manera de lograrlo.

Es decir, hay que preocuparse tanto de la forma como del contenido. Si se generan buenos profesionales, éstos serán agentes de cambio [GGT97]. Ese debiera ser uno de los objetivos principales de la universidad y creo que ha sido también para mí una motivación personal importante para hacer lo que hago.

La mayoría de lo que aprendemos en nuestra vida sirve poco en ella, principalmente conocimiento técnico. Lo importante es la formación asociada a ese aprendizaje, el desarrollo de capacidades lógicas y analíticas, el poder abstraer y conceptualizar y resolver problemas. El objetivo no es conocimiento per se, es formativo. Es aprender a aprender constantemente. Creo que este proceso se puede hacer mejor, integrando conocimiento y nuevas herramientas en cursos novedosos, donde el alumno entiende mejor la meta final. Los objetivos principales deben ser flexibilidad, adaptabilidad, enfatizar conceptos y facilitar el aprendizaje continuo.

Todas las ciencias han evolucionado dentro de un contexto real, no por sí solas, siendo el origen del cálculo el ejemplo más clásico. Por otra parte, en el pasado hubieron personas que conocían gran parte del conocimiento científico humano. Hoy en día esto es muy difícil, forzando al trabajo en grupo y multidisciplinario. Estos dos hechos debieran ayudar a plantear nuevas formas de enseñar.

A continuación analizo la universidad actual y luego presento dos propuestas relacionados con el qué y el cómo enseñar.

Rediseñando la Universidad

El primer concepto que deberíamos revisar es el de universidad. La universidad tradicional se basa en tres pilares: la docencia, la investigación y la extensión (relación con la sociedad). Un problema ya antiguo, es la utilidad de la investigación básica, de las torres de cristal. Los nuevos tiempos exigen compromisos distintos entre la universidad y la sociedad [DEN97]. Más importante es el impacto de la globalización mundial, las nuevas tecnologías audiovisuales, la Web y bibliotecas digitales, laboratorios virtuales, etc. ¿Debemos aceptar que enseñar es un negocio y que los estudiantes son nuestros clientes? [TSI99].

Posiblemente lo segundo es cierto, pero me cuesta aceptar lo primero. Tsichritzis se basa en los problemas financieros y estructurales de la universidad. En todo el mundo los presupuestos de la universidad pública disminuyen progresivamente. Aunque de muchas formas las universidades son monopolios regionales, en el futuro malas universidades pueden tener problemas debido a educación a distancia desde otros países (o hasta educación directa, por ejemplo en Latinoamérica hay muchos MBA españoles). Ya muchos países de habla inglesa comienzan a notar la expansión de universidades estadounidenses o inglesas. Es tiempo de defender nuestros nichos de mercado y una forma es re-usar el contenido que producen [TSI99]. Con respecto a la temática estructural, una universidad produce, programa y distribuye contenido, pero no tiene porque producir todo el contenido, programarlo o distribuirlo. Puede importar y exportar tanto contenido, como su programación y distribución, aprovechando las nuevas tecnologías ya mencionadas, y posiblemente especializándose en algunos contenidos. En particular el uso de la Web para educación a distancia debe redefinir cual es el verdadero rol del profesor.

Diseñando el Contenido

Necesitamos nuevos profesionales. Por ejemplo, ingenieros telemáticos, que reúnen el mundo de las telecomunicaciones con el de la informática. Algo así como un híbrido entre un ingeniero electrónico y de computación. Hay que evitar la especialización y destacar aspectos humanos, como ontología del lenguaje, aspectos humanos del desarrollo de software, ética profesional, comunicación oral y escrita, etc. Para diseñar un contenido coherente necesitamos un modelo. En la Figura 1 se muestran las relaciones entre los

tres elementos involucrados: personas, procesos y tecnología [IEEE97]. También mostramos los mundos que unen estos elementos y que puede ser considerada como una visión dual: mercado, industria y universidad. La ciencia de la computación está centrada en la tecnología, mientras que podríamos decir que el área de los sistemas de información está centrada en los procesos.

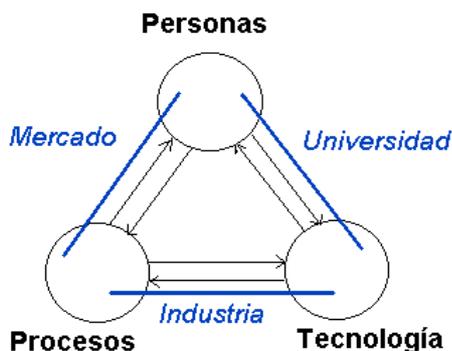


Figura 1: Modelo para Diseño del Contenido.

Una deficiencia de nuestros currícula es que en general se ven las relaciones desde un punto de vista (por ejemplo, como afecta la tecnología a las personas) y no el inverso. Por otra parte, no es posible cubrir todas las temáticas en un tiempo limitado y una solución posible es diseñar nuevas carreras. Por ejemplo, un ingeniero de la información que haría el puente entre el proceso de negocios y las personas que lo realizan y la tecnología asociada [BYN99]. Temas importantes que destacan en esta propuesta son, omitiendo los temas tecnológicos y de procesos:

- Personas: psicología cognitiva, liderazgo y trabajo en grupo, negociación.
- Tecnología-Personas: interfaces persona/computador, modelación de conocimiento.
- Personas-Tecnología: diseño y ergonomía cognitiva.
- Procesos-Tecnología: gestión de operaciones.
- Procesos-Personas: administración.
- Personas-Procesos: recursos humanos y aspectos legales y éticos.

Este modelo aunque simple, sirve para descubrir las deficiencias y por ende mejorar los programas de estudio existentes. Por ejemplo, la falta de temas como el modelamiento de sistemas [IEEE97].

Integrando Temas e Ideas

En las propuestas de ACM e IEEE para curricula en computación o sistemas de información se hace demasiado énfasis en los contenidos y menos en el como enseñar [ACM91,UNE94,ACM97]. Sin embargo creo que tan o más importante que el contenido es el como enseñar, en base a tres motivaciones principales. La primera es suavizar el paso desde la educación secundaria a la universitaria, donde el alumno pasa de un sistema de educación controlado a uno más libre y con más responsabilidad propia. La segunda es la innovación en la forma de enseñanza, que no ha cambiado en siglos. La tercera es la necesidad de integración del contenido, para aumentar la motivación. Estas tres motivaciones están relacionadas, como veremos a continuación, y nuestra propuesta se centra en la última de ellas, con elementos de las dos primeras.

Con los años uno va perdiendo la capacidad de manejar muchas tareas al mismo tiempo. Hay varias razones que no tienen que ver con la edad. Primero, al aumentar el número de tareas, también aumenta el tiempo que invertimos en cambiar de una tarea a otra (lo que haciendo una analogía con un computador, es el tiempo de cambio de contexto) y segundo, aunque la mayoría de los cambios de contexto son planificados, muchas veces son debidos a interrupciones. Por supuesto, también hay razones externas o estados de ánimo transitorios, que no son controlables. En nuestro desarrollo personal, hay etapas claras en las que aumentamos el número de cambios de contexto y no siempre estamos preparados para ello. Por ejemplo, cuando pasamos del colegio a la universidad y de la universidad al trabajo. El primero es crítico, porque también es una inserción en un ambiente menos controlado y que depende más de las motivaciones y responsabilidades que uno mismo define. Muchos estudiantes universitarios de primer año fracasan porque no se pueden adaptar al nuevo sistema, en especial debido al aumento de cambios de contexto que no pueden controlar. Exámenes, tareas y compromisos siguen uno tras otro sin tener tiempo a planificarlos adecuadamente, pensando repetidamente si habrá tiempo para hacerlo todo. Un resultado parcial del sobretiempo en cambios de contexto es que actualmente los estudiantes faltan mucho más a clases y tratan de aprobar una materia usando la ley del mínimo

esfuerzo. Una acción concreta es disminuir el número de cambios de contexto. Esto se puede lograr enseñando menos materias por semestre pero con mayor profundidad. Adicionalmente, no hay que exagerar en la cantidad y tipo de evaluaciones. Existe la creencia errada que los alumnos que más trabajan son los más inteligentes, pero sólo significa que son los más fuertes física y emocionalmente. Estos cambios permitirían una mejor planificación del tiempo disponible y posiblemente una mayor participación de los estudiantes.

Por otro lado, si en la mayoría de los casos, cuando ingresamos en el mundo laboral, debemos trabajar en grupo, ¿por qué la educación sigue siendo principalmente individual? Además de ser casi siempre unidireccional, siendo el profesor el que guía la clase y hace las preguntas. Un argumento importante es que es más fácil evaluar a una persona por su trabajo individual que por su participación en un grupo. Sin embargo, aunque sea más fácil, creo firmemente que debiera motivarse más el trabajo en grupo, donde el profesor juega más bien un rol de comunicador y moderador en base a un contenido ya estudiado previamente por el alumno, permitiendo la comunicación bidireccional entre todas las partes. Esto es lo que se llama educación cooperativa.

Finalmente, tenemos la falta de motivación, por motivos variados y en parte producto de los tiempos actuales. Esta falta es parcialmente producto de que el estudiante no sabe porque está estudiando una materia dada. Esto ha ocurrido por la especialización del conocimiento convirtiendo cada materia en un compartimento estanco, inclusive dentro del mismo tema. Una solución posible a este problema es aumentar la integración de las materias usando retroalimentación de temas entre ellas, rescatando las interacciones causales o funcionales que se hayan perdido. Esto se puede lograr a través de proyectos intercurso, fomentando a su vez el trabajo en grupo y multidisciplinario. Esto puede ser un primer paso hacia una educación cooperativa.

El contenido del curso debe estar basado en las necesidades reales de las carreras de ingeniería. En base a los contenidos de los cursos de cada carrera se deben determinar que temas, herramientas y ejemplos típicos es necesario que aprenda un alumno. Esto debiera extenderse a todos los cursos básicos de matemáticas, física, computación y química.

Es necesario un conjunto afiatado de tres o cuatro profesores de alto nivel (posiblemente elegidos a través de un concurso y remunerados en forma

especial) que permitan una continuidad en el curso, habiendo previamente discutido y trabajado sobre el material de apoyo. Este último debe incluir herramientas como Web, tutores disponibles vía correo electrónico o talk a horas predeterminadas, software de matemáticas simbólicas (por ejemplo, Maple), etc.; incluyendo apoyos tradicionales como ayudantías, laboratorios y apuntes. Además se debe realizar un estudio de experiencias similares si ellas existen, sus resultados, herramientas disponibles, infraestructura necesaria, etc.

El esquema de clases debería considerar cátedras y ayudantías en forma alternada (por ejemplo mañanas y tardes), incluyendo bastante tiempo de trabajo personal opcional. En forma permanente deberían tratarse dos temas en paralelo (o tres en forma excepcional): más temas sería volver al sistema antiguo, menos temas significaría una carga excesiva en un sólo profesor. Por ejemplo podrían haber 16 horas de cátedra por mes distribuidas en dos semanas. A esto deberían sumarse 10 horas de ayudantías y unas 4 horas de laboratorio (física, computación). La evaluación se haría en forma continuada y en base a controles cortos (de a lo más una hora).

Para implementar este curso son necesarios varios meses de trabajo intensivo con apoyo de personal calificado para el diseño de los distintos módulos temáticos, la preparación del material, etc. Además, sería conveniente tener primero una sección experimental para evaluar los resultados y compararlos con el sistema actual. Una variante intermedia podría ser una primera mitad del año integrado y luego una separación de materias si se quiere tener un régimen anual. Sin embargo esto es menos transparente, implica usar métodos mixtos de evaluación y no permite que buenos alumnos puedan avanzar más rápido. Otra forma de experimentar el material del curso (por ejemplo, el comienzo del material) es haciendo una escuela de verano de un mes con alumnos seleccionados.

A continuación se enumeran las ventajas principales en orden aproximado de importancia:

- Integración de materias, facilitando la comprensión y el estudio, al tratarse menos temas al mismo tiempo.
- Eliminación de temas repetidos (por ejemplo conjuntos, espacios vectoriales, algunas herramientas de cálculo, matrices, etc.) que son reemplazados por una visión común.

- Eliminación de materias no necesarias e inclusión de materias necesarias que hoy en día no existen.
- Menos instancias de evaluación y más llevaderas para los alumnos, minimizando el número de interrupciones programadas.
- Posibilidad para combinar actividades de investigación y docencia (por ejemplo estar fuera una semana en un congreso no implicaría pérdida de clases si es planificado con anterioridad).

Las desventajas principales son: se necesita coordinar fuertemente a un grupo de profesores, trabajar con anterioridad en el material del curso, y realizar clases en forma intensiva en períodos cortos. Por esta última razón estimo que es mejor hacerlo en sólo un semestre, pues un año completo desgasta mucho al equipo docente.

Ejemplos de Integración de Materias:

- Inducción, seguida de derivación de algoritmos para ordenar números
- Conjuntos, seguidos de estructuras de datos para almacenarlos
- Secuencias, seguidas de recurrencias
- Funciones, seguidas de su graficación computacional y el uso de planillas de cálculo
- Límites y Derivadas seguidas de cinemática simple
- Integrales, seguidas de trabajo y energía con apoyo de software de matemática simbólica
- Vectores, seguidos de cinemática en dos y tres dimensiones
- Matrices y Resolución de Ecuaciones, seguidos de su resolución numérica vía computador

Experiencias similares existen combinando matemáticas discretas y computación, para carreras de computación [TBCG92]. Estos ejemplos no incluyen física y no son dirigidos a un plan básico común de dos años para ingeniería. Ejemplos de integración de contenido se presentan en la Tabla 1. Temas que son más generales o previos a temas integrados permiten tener material para paralelizar la cobertura de ellos. Por ejemplo uso del computador (sistema operativo, procesador de texto), herramientas básicas de programación, etc.

Comentario Final

Aunque mis propuestas son preliminares, creo que son un primer paso para diseñar mejores currícula, más completos y coherentes, y enseñarlos de una manera distinta, motivando al estudiante y explicándole claramente porque está aprendiendo cada tema y las interrelaciones con su entorno. En resumen, integrando todo, volviendo de cierta manera al renacimiento, al pensamiento enciclopédico e ilustrado. También queda claro que hay que incentivar el pensamiento crítico y enfatizar en los aspectos de diseño.

En pocas palabras, mi mensaje es que no olvidemos las relaciones a todo nivel y de todo tipo que existen, que revisemos siempre las hipótesis que hacemos y que hay que rediseñar de verdad y no sólo hacer reingeniería. Tanto en la vida personal como en la vida profesional, aceptamos tantas cosas como ciertas, como hipótesis fundamentales, las cuales nunca cuestionamos. Del mismo modo, las ideas expresadas aquí deben ser tomadas sólo como un punto de vista más a ser considerado. Sin embargo, espero que estas líneas apelen a vuestro sentido común, ese sentido tan importante y a la vez tan escaso, y de paso crear un poco de conciencia en los múltiples problemas de nuestra área y de nuestro quehacer cotidiano.

Agradecimientos

Agradezco los comentarios y motivaciones de Omar Alonso, Juan Alvarez, Karin Becker, Tania Bedrax-Waiss, Carlos Castillo, Helena Fernández, Terry Jones, Miguel Nussbaum, Greg Rawlins y Jorge Vidart.

Referencias

- [ACM91] ACM-IEEE Curricula Recommendations for Computer Science, Volumen I, <http://www.acm.org/education>, 1991.
- [ACM97] ACM/AIS/AITP Curriculum for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, <http://www.acm.org/education>, 1997.
- [BYN99] Ricardo Baeza-Yates, Miguel Nussbaum, The Missing Link: The Information Architect, Technical Report, 1999.
- [DEN97] Peter J. Denning, A New Social Contract for Research, Comm. Of ACM 40(2), Febrero 1997, pp. 132-134.
- [FRE97] Peter Freeman, Elements of Effective Computation, IEEE Computer, Noviembre, 1997.

- [GGT97] David Garlan, David P. Gluch y James E. Tomayko, Agents of Change: Educating Software Engineering Leaders, IEEE Computer 30(11), Noviembre 1997, pp. 59-65.
- [IEEE97] IEEE Special Issue, Status of Software Engineering Education and Training, IEEE Software, Nov/Dic 1997.
- [TSI99] Dennis Tsichritzis, Reengineering the University, Comm. of the ACM 42(6), Junio 1999, pp. 91-100.
- [TBCG92] A. Tucker, W.J. Bradley, R.D. Cupper, A. Bernet y G. Scragg, Fundamentals of Computing I, McGraw-Hill, 1994.
- [UNE94] UNESCO-IFIP, A Modular Curriculum in Computer Science, UNESCO Publications, 1994.

Punteros Relacionados

<http://www.dcc.uchile.cl/~rbaeza/manifest/educ.html>

Ponencia 3

La enseñanza de la computación

© Jorge Barojas 2000
barojas@aleph.cinstrum.unam.mx

Referirnos a qué, cómo y para qué enseñar computación en este siglo de las computadoras, los multimedia y la telemática, podría corresponder a hablar de la máquina de vapor cuando todavía la termodinámica ni había sido formalizada ni alcanzado su fundamentación en la mecánica estadística, pero ya las máquinas de combustión interna empezaban a servir para el transporte y los procesos de producción. Ahora vivimos otra revolución industrial, la cibernético-informática, y están empezando a manifestarse los primeros logros de las ciencias cognitivas. Sin embargo, en educación, en la mayoría de los casos todavía seguimos procedimientos medievales: apego a la autoridad, llámese texto escrito o maestro, programas rígidos y predeterminados, así como expectativas de premio o de castigo establecidas por quienes ostentan el poder que otorgan los títulos.

Si enseñamos siguiendo los esquemas que aprendimos cuando éramos estudiantes, para enseñar computación tendríamos que hacer un poco más de lo mismo. Nos reduciríamos básicamente a crear gentes que entiendan cómo funcionan tales máquinas y que sepan repararlas y adaptarlas para usos iguales o ligeramente diferentes de aquellos para los cuales fueron diseñadas. Además, que puedan comprender su estructura y programarlas con fines diversos, mostrando maestría en el manejo del "hardware" y/o del "software" y que, al menos en principio, puedan construirlas. Esto correspondería a visiones de la ciencia y de su aprendizaje consideradas como conductistas, empiricistas y tecnocráticas.

Sin embargo, como la computación está en todo y afecta a casi todos, necesitaríamos también gente que sepa pensar creativamente y desarrolle aplicaciones con ayuda de las cuales se puedan realizar con mayor inteligencia, eficiencia y facilidad, distintas tareas humanas para comprender y modificar al mundo. Entonces, deberíamos hacer posible una educación menos convencional que propicie el pensamiento crítico y la interdisciplinariedad. Aventurarnos ante lo desconocido y hacer que lo

aparentemente imposible se convierta en algo simplemente muy difícil de alcanzar, a lo cual nos aproximamos asintóticamente con fe, esperanza y humildad, las virtudes teologales de una educación humanista de las ciencias.

Gracias a la ciencia y la tecnología hemos avanzado en la comprensión de procesos, la elaboración de productos y la prestación de servicios, aplicando transferencias y transformaciones de la materia y la energía, en sistemas cuya complejidad va de la física, a la química y a la biología. Por supuesto, muchas veces dichos logros se derivan o expresan por medio del pensamiento matemático; las matemáticas no solo son el lenguaje de la naturaleza, representan y develan patrones y regularidades en su estructura. Sin pretensiones reduccionistas, la comprensión de tales procesos, productos y servicios nutre y sirve de apoyo en el estudio de la antropología, la psicología, la sociología y la economía. Tal vez perturbe la forma de hacer historia y abordar problemas filosóficos. Es posible que hasta modifique los procesos creativos que se dan en individuos y en comunidades.

A partir de la invención de las computadoras incursionamos en espacios tridimensionales en donde los fenómenos naturales se analizan tanto en términos de materia y energía, como de información. En su sentido más amplio, toda información contiene mensajes que describen y comunican algo acerca de un sistema. Dichos mensajes constan de señales codificadas y decodificadas, respectivamente, por quienes participan en el proceso como emisores o como receptores. Los mensajes se expresan por medio de textos, cifras, símbolos, tablas, gráficas, diagramas, sonidos e imágenes fijas o en movimiento, y todas sus posibles combinaciones.

Información no es sinónimo ni de conocimiento ni de habilidad y menos de sabiduría. En esta sociedad cada vez más industrializada y por desgracia contaminada y contaminante, existe abundante materia de desperdicio y energía no recuperable, pues todo tiene su costo económico, social y ecológico. También hay basura informativa, ruido intelectual, fluctuaciones cognitivas... Lamentamos que con frecuencia naufraguemos en un océano de datos, cuando a la vez nos encontramos con hambre de conocimientos y sed de desarrollar habilidades, perdidos en una isladeseierta de ideas. Necesitamos aprender lenguajes, técnicas, métodos, criterios y procedimientos para orientarnos, discriminar y navegar entre las distintas representaciones de una realidad en la que interrelacionan lo experimentado en el dominio material con lo simulado en el dominio virtual.

La computadora es algo más que un dispositivo de cómputo. Algunos traducen "computer" por ordenador, queriendo significar con ello otras funciones de esas máquinas, cada vez más potentes y diminutas, que están revolucionando nuestra forma de vivir y aún de pensar. Nos permiten detectar, comparar, optimizar, crear y utilizar información, mejor y más rápido que cualquier otro dispositivo creado por el ser humano, con excepción del propio cerebro. Trascendiendo los procesos de automatización y transformando toda actividad humana, las computadoras son verdaderos instrumentos de exploración, administración y comunicación; se están convirtiendo en versátiles laboratorios de aprendizaje y construcción del conocimiento. Disponer de cierta capacidad computarizada para generar, distribuir y manejar información permite desarrollar formas más efectivas de organizar contenidos cada vez más ricos y variados; además, sirve para organizar el acceso a dicha información.

Es particularmente significativa la posibilidad de usar computadoras para acceder y controlar diversos tipos de redes, mismas que constituyen auténticas máquinas pensantes que perciben, interpretan, deciden y procesan aquello que trituran digital o analógicamente. Recuérdese la definición que dice que "a network is a net that works". Lo estimulante de esas redes es que crean y usan información para la organización de formas de colaboración orientadas a la realización de múltiples tareas cuya realización se consigue mediante el trabajo de gentes que pueden encontrarse en muy distintos lugares y momentos, realizando diversidad de funciones y con capacidades diferentes.

Con el uso inteligente de las computadoras alcanzamos una mayor independencia respecto de diferencias y divergencias en el espacio y en el tiempo. Además, a muchas de nuestras acciones le estamos adicionando un valor agregado de naturaleza sinérgica en el que participan aspectos prácticos que dan claridad y atracción a los contenidos, a la vez que permiten obtener viabilidad y utilidad en los métodos. Estamos conjugando poder con flexibilidad, efectividad con astucia, imaginación creadora con capacidad innovadora. A las numerosas aplicaciones de las computadoras en ciencia y tecnología debemos agregar las que se dan y van a dar en los mundos de los negocios y de la educación. Por eso necesitamos enseñar algo acerca de las computadoras y redefinir el qué y el cómo. Espero que estemos de acuerdo en el por qué.

Estos son algunos de retos por resolver al considerar el diseño y construcción de lo que requerimos enseñar en computación, basados en un análisis crítico de lo que hemos hecho o dejado de hacer dentro y fuera del aula, el taller y el laboratorio. Investigar en estos escenarios de exploración y aprendizaje nos está permitiendo entender mejor cómo pensamos y aprendemos y qué conviene hacer para enseñar y posibilitar la creación y el mantenimiento de espacios de capacitación permanente. Aquí se unen, modifican y proyectan muchos esfuerzos de inteligencia artificial y natural, se polinizan la cognición y la metacognición, se integran el hacer para entender y el entender para el hacer.

A la capacitación de técnicos, ingenieros y científicos, sustrato de transformaciones conceptuales que modulan los medios y modos de producción económica y cultural, se añan los trabajos interdisciplinarios que marcan los avances en las fronteras de nuestra ignorancia. Desde la quintuple perspectiva de la ciencia, la tecnología, la sociedad, la educación y la cultura, la vida es algo más que resolver problemas, construir modelos, diseñar sistemas y tomar decisiones. Las computadoras pueden y deben ayudarnos a aprender a abordar cuestiones como las anteriores y lograr adelantos en cuanto a la rapidez, precisión, complejidad y alcance de las respuestas a nuestras dudas, inquietudes y preguntas. Dependiendo de qué y cómo preguntamos es que aprendemos. Al andar este camino diversificamos y enriquecemos nuestras formas y métodos de aprender y damos sentido y cotidianeidad al apotegma Piagetiano de "aprender haciendo".

Antes, todo individuo que pretendía llegar a ser culto asistía a la escuela para contratar a quienes podían enseñarle con la esperanza de cultivarse. Luego ese afán de cultura basado en el arte de conocer por el conocimiento mismo, se fue convirtiendo en la satisfacción de la necesidad de capacitarse para adquirir conocimientos y experiencias que permitiesen formas profesionalmente aptas para desarrollarse en diversos campos de la actividad humana. El aprender para ser cedió su lugar al aprender para tener.

El cultivo de las ciencias en el sistema Pitagórico comprendía el estudio de la aritmética, la geometría, la música y la astronomía; el trabajo experimental y todo lo que después tendría que ver con las ciencias experimentales y las ingenierías, era considerado tarea de esclavos. Las cuatro disciplinas anteriores integraban el cuadrivium, mismas que junto con la gramática, la retórica y la dialéctica, elementos constitutivos del trivium,

formaban las siete artes liberales. Hoy, teniendo como herramientas e instrumentos a las computadoras, estamos ante la posibilidad de construir otros nuevos trivium y cuadrivium, con ayuda de los cuales se cultive la promisoriosa ciencia de la mente en donde el conocimiento es su propio objeto de conocimiento. Muy probablemente el eje de desarrollo y consolidación será el estudio y la enseñanza de las ciencias cognitivas, surgidas a mediados de este siglo con aportaciones de la epistemología, la psicología, la inteligencia artificial, la lingüística, la antropología y las neurociencias.

Nada ni nadie puede substituir a un buen maestro. Buenos maestros hay muy pocos; se trata de una especie en vías de extinción. ¿Para qué sirven entonces esos burócratas de la educación que transmiten información para cumplir con los programas y aprueban a quienes regurgitan lo que han memorizado bien? La carga docente se descarga finalmente cuando se dictamina quiénes acertaron proponiendo el buen enchufe entre lo que pregunta el maestro y contestan los alumnos, sin que necesariamente éstos hayan reflexionado durante todo el proceso de aprendizaje, pues su principal preocupación es pasar y olvidar, rara vez comprender y utilizar lo aprendido.

Mucho se han ponderado y discutido los usos educativos de medios que manejan información tales como la imprenta, la radio, el cine y la televisión. Sucederá lo mismo con las computadoras? ¿Seremos incapaces de poner en práctica usos educativos de las computadoras y formas de enseñar acerca de ellas y con ellas, de manera que evitemos la rutina, la frustración y el condicionamiento?

Cada vez hay más y mejores oportunidades para que los maestros establezcan alianzas con las modernas tecnologías computacionales y telemáticas, en lugar de temerlas o enajenarse con ellas. Sin pretensiones de ser panacea, la enseñanza asistida por computadoras puede mejorar esos sistemas educativos amarrados a planteamientos compartamentalizados e instrumentalistas, consecuencia de enfoques limitados en cuanto a planeación, seguimiento y evaluación. El uso creativo del correo electrónico y de las páginas en Internet ya están ampliando nuestros horizontes culturales; facilitan la intercomunicación, ya sea para aprender por uno mismo o para desarrollar proyectos conjuntos en donde la exploración y la creación conducen a la comprensión, generando además alegría y entusiasmo por participar en tales aventuras del pensamiento. De la electrónica a la fotónica y

de las artes liberales a las ciencias del conocimiento, para asimilar lo aprendido y aprehender conocimientos y experiencias.

Por supuesto, para ello deberemos revisar cuestiones curriculares, de diseño de materiales y de estrategias didácticas, de formación y actualización de profesores, de investigaciones educativas... Es indispensable avanzar en la construcción de una cultura para la eficiencia tecnológica, la que nos conduce al sabio manejo de todos nuestros recursos: materias primas, energía, tiempo, información. Cultivar el conocimiento para saber hacer y educarnos para aprender a pensar. En ello la enseñanza de la computación es esencial, tanto para quienes se dediquen profesionalmente a esta actividad como para todo usuario de las mismas. Son niveles y profundidades diferentes, pero deben corresponder a otra visión, algo tendiente a la "alfabetización en ciencia, tecnología y computación para todos".

Aquí tan solo hemos considerado algunas de las características de esa visión. No hay respuestas mágicas para el qué y el cómo. Las soluciones a estos problemas dependen del contexto y todavía tenemos mucho que investigar y aprender. Lo importante es que podemos hacernos otras preguntas y avanzar en la obtención de sus respuestas.

Debate

Ricardo Baeza-Yates

Las tres ponencias son bien distintas y tocan temas ortogonales. La de Miguel Jonathan se centra en qué enseñar, la de Jorge Barojas es más filosófica y la mía se centra en lo que ahora no se enseña y en el cómo hacerlo.

Comentario sobre la ponencia de Miguel Jonathan

En general estoy de acuerdo en los tres objetivos expuestos por Miguel. Con respecto a la longitud de los estudios, en Chile tenemos más de lo habitual (6 años en vez de 4 o 5). Nuestro curriculum en la Univ. de Chile es similar y también está en revisión, pero los cambios serán menores. Para que la carrera sea más flexible el número de créditos electivos es alto, cerca de 10 materias. Así el alumno elige el área que más le interesa, ya que hay muchas áreas importantes.

Un aspecto que no se menciona, que es tan importante como el qué enseñar, es el cómo enseñar a "aprender a aprender". Creo que este punto es más difícil de consensuar que el contenido.

Comentario sobre la ponencia de Jorge Barojas

No hay ninguna propuesta concreta en esta contribución. Es más bien un planteamiento de varios problemas importantes y un llamado para que los educadores realicen investigación novedosa en como usar el computador para educar. En este sentido es general y no se refiere sólo a enseñar computación.

Estoy de acuerdo en el diagnóstico: que la utilidad del computador depende de nosotros, que los métodos de enseñanza no han evolucionado con respecto a siglos pasados (que también se menciona en mi aporte), y que los buenos maestros son innatos. Sin embargo, me hubiera gustado ver alguna propuesta novedosa de cómo se debiera enseñar y de líneas de investigación que apunten a resolver los problemas diagnosticados.

Miguel Jonathan

Comentario sobre la ponencia de Jorge Barojas

Creo que cada participante entiende la cuestión "sobre cómo debiera enseñarse la computación o ciencias de la computación a nivel universitario" de forma distinta. Para Jorge, claramente la cuestión se refiere a la utilización de computadoras (la computadora como herramienta), pero también a cómo y por qué se debería reestructurar todo el sistema educativo formal. El no sólo se concentra apenas en la utilización, pero se restringe a un particular aspecto del uso, que es la enseñanza asistida por computadores.

Su ponencia no trata de la enseñanza de la ciencia de la computación, ni de los aspectos de la enseñanza de aplicaciones generales de la computación. Tampoco discute cómo es actualmente la enseñanza de computación en su universidad. Su ponencia es más filosófica y crítica sobre la educación y la computación en nuestra sociedad ("las computadoras pueden y deben ayudarnos a aprender a abordar actividades cognitivas como las anteriores y lograr adelantos en cuanto a la rapidez, precisión, complejidad y alcance de las respuestas a nuestras dudas, inquietudes y preguntas"), y me parece un poco fuera del contexto del debate. En particular, él no aborda la cuestión principal, que es el contenido, la finalidad, y la forma de enseñar la computación en los cursos universitarios.

Comentario sobre la ponencia de Ricardo Baeza:

Baeza me impresionó grandemente con sus ideas. Me agrada bastante el énfasis en los aspectos humanos en la formación de los estudiantes, su análisis de los aspectos psicológicos que afectan la capacidad de aprendizaje y sus propuestas sobre la organización de las clases (la forma), pero siento falta de comentarios más específicos sobre contenido.

La separación de los cursos en carreras distintas puede ser una solución para el problema del contenido. El problema es que, en países en desarrollo como los nuestros, existen relativamente pocos empleos disponibles para quien estudia las ciencias de la computación o la ingeniería de computación, desde el punto de vista del proyecto de computadoras, compiladores y sistemas operativos (computación como actividad fin). La gran mayoría de las

oportunidades de trabajo están en las aplicaciones (computación como actividad medio).

Me gustaría saber de Ricardo como es actualmente hecha la distribución de contenido en los cursos de Chile, o de su universidad, y a qué tipo de perfil profesional los cursos son proyectados.

Ricardo Baeza-Yates es Ph.D. en Computer Science (Univ. of Waterloo, Canadá, 1989), Magister en Ing. Eléctrica (1986) y Cs. de la Computación (1985) de la Univ. de Chile; e Ingeniero Civil Eléctrico de la misma universidad. Actualmente es Profesor Titular en el Depto. de Cs. de la Computación de la Univ. de Chile y sus áreas de investigación son algoritmos, bases de datos documentales y visualización. Es co-autor de un Handbook de algoritmos (Addison-Wesley, 1991) y co-editor de un libro en recuperación de la información (Prentice-Hall, 1992), además de numerosas actas de congresos, publicaciones internacionales y nacionales. Es el presidente de la Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación (1997-1998), cargo que ocupó también desde el año 1993 al 1995.
<http://www.dcc.uchile.cl/~rbaeza>

Jorge Barojas es físico de la facultad de Ciencias en México, doctorado en la facultad de ciencias de Paris Francia. Actualmente es Coordinador del laboratorio de Cognición, Cibernética y Aprendizaje de las ciencias del Centro de Instrumentos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Entre otros cargos, ha sido Senior Education Fellow en el American Institute of Physics, secretario de la International Commission on Physics Education, y Editor Fundador y director de la revista CONTACTOS, revista de educación en ciencias básicas e ingeniería.

Miguel Jonathan es Magister en Ing. Eléctrica (PUC-Rio, 1969), y actualmente es Professor Adjunto y Jefe del Depto. de Ciencia de la Computación de la Univ. Federal de Rio de Janeiro. Es miembro de la Comisión de Educación de la Sociedad Brasileña de Computación, y también de la Comisión de Especialistas de Enseñanza en Computación y Informática del Ministerio de la Educación de Brasil, desde 1995 al 2000. Fue coordinador del curso de Informática de la UFRJ por más de 10 años, y presidente del II Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación (CIESC) realizado en Rio de Janeiro (1992). Es autor de artículos técnicos y publicaciones didácticas sobre Programación Orientada a Objetos con Smalltalk.