



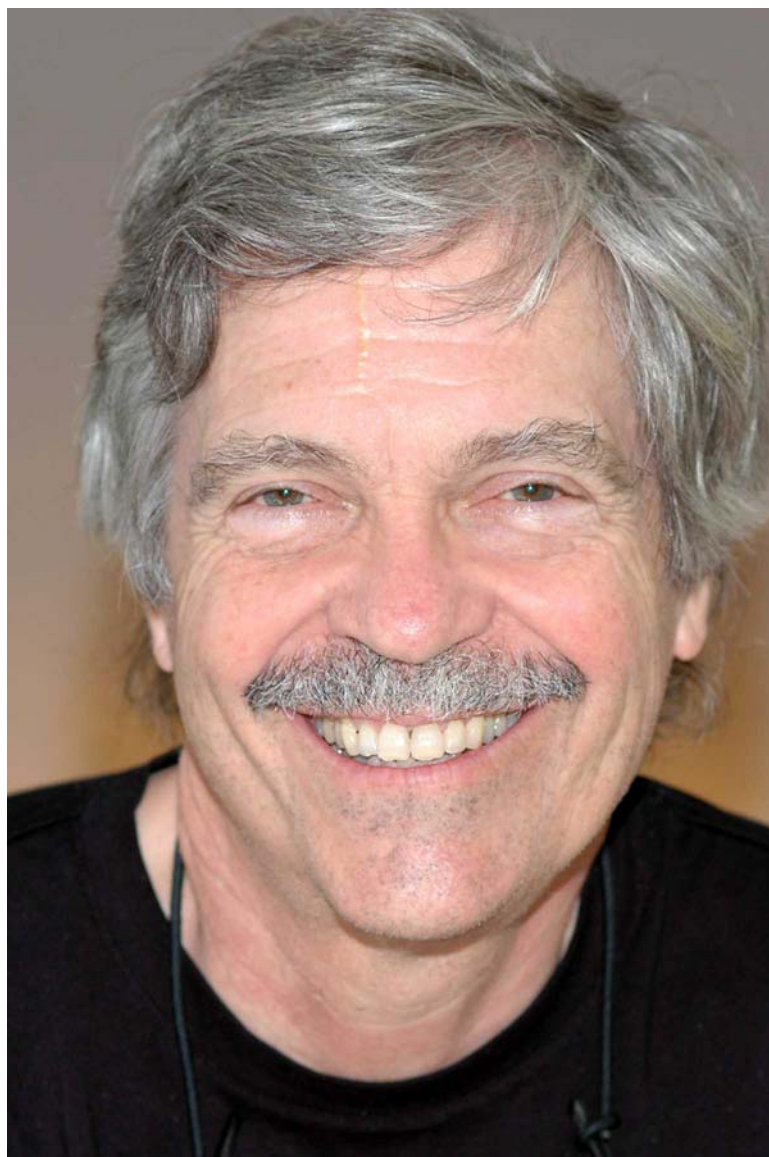
Discursos pronunciados en el Acto de Investidura
del
profesor **D. Alan C. Kay** como
Doctor Honoris Causa por la Universidad de Murcia

Murcia
28 DE ENERO DE 2010
FESTIVIDAD DE SANTO TOMÁS DE AQUINO

Universidad de Murcia
Servicio de Publicaciones, 2010

Depósito Legal: MU – 112 – 2010

Imprime: Servicio de Publicaciones



ÍNDICE

Jesús García Molina, <i>Laudatio in honorem</i> del doctor Alan C. Kay	9
Alan C. Kay, <i>Completing the Invention of Personal Computing</i> , discurso de Investidura como Doctor Honoris Causa	19
<i>Culminar la invención de la informática personal</i> traducción al castellano del discurso de Investidura como Doctor Honoris Causa	33

Jesús García Molina

Laudatio in Honorem del
doctor Alan C. Kay

Excmo. y Magnífico Sr. Rector,
Excmas. e Ilustrísimas autoridades,
Miembros de la Comunidad Universitaria,
Señoras y señores,

En el Claustro celebrado el 1 de diciembre de 2009 se aprobó la propuesta de la Facultad de Informática de conceder el Doctorado Honoris Causa por la Universidad de Murcia al profesor Dr. Alan C. Kay en reconocimiento a sus excepcionales contribuciones en el ámbito de la computación personal y de los lenguajes de programación.

Por mi dedicación docente e investigadora durante muchos años en el área de la programación orientada a objetos, la Facultad de Informática ha considerado que era quien debía elogiar los méritos científicos y las cualidades humanas del Dr. Kay que le hacen merecedor de la más alta distinción académica de nuestra universidad. Es para mí un honor realizar esta laudatio y espero ser capaz de transmitir las razones por las que es considerado una de las mentes más brillantes en la historia de la Informática. Para ello, dejaré a un lado cualquier tipo de detalle técnico sobre sus logros.

Como es bien sabido, los ordenadores personales, junto con Internet y el software que les da vida, han provocado cambios tan profundos en nuestra sociedad que un nuevo modelo está emergiendo: la Sociedad de la Información.

Pues bien, hoy tenemos entre nosotros a la persona que inventó la forma más extendida de crear software y una de las que más ha contribuido al desarrollo de los ordenadores personales. Una persona cuyas ideas han influido decisivamente en la forma de entender la máquina y el software que la hace funcionar.

Por ello, ha recibido importantes premios y reconocimientos en todo el mundo, entre los que cabe destacar la concesión en 2003 del premio Turing, el más prestigioso en Informática y considerado como el Nobel de Informática. También ha sido distinguido con doctorados honoris causa por seis universidades.

Alan Kay nació en 1940 en Springfield, Massachusetts. Su madre era profesional de la música y el arte y su padre un científico. Por tanto, creció embebido tanto de la tradición artística como de la científica. En 1961 tuvo su primer contacto con la informática en las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, en las que manejó algunos de los grandes ordenadores (*mainframes*) de la época y aprendió a programar. Después ingresó en la Universidad de Colorado, en la que finalizó sus estudios de graduado en Matemáticas y Biología Molecular en 1966 y marchó a la Universidad de Utah a realizar su doctorado en Informática. Allí tuvo la oportunidad de participar en el emblemático proyecto ARPA para transformar los ordenadores en herramientas intelectuales para los seres humanos.

En su tesis doctoral trabajó en la construcción del que es considerado uno de los primeros ordenadores personales de la historia, capaz de interactuar con las personas a través de gráficos, ventanas, un lenguaje sencillo y dispositivos apuntadores como una tableta digital. Su director de tesis, Dave Evans, era una persona que, según cuenta Alan Kay, quería que sus estudiantes se enfrentasen a “problemas reales” y que sus tesis supusiesen un avance real de la disciplina. Sin duda alguna, Alan Kay no le defraudó con una tesis que es una cita obligada cuando se mencionan los orígenes de la computación personal.

En los años en que los ordenadores tenían gran tamaño, eran destinados al cálculo científico y a la gestión de las organizaciones, y los usua-

rios manejaban terminales alfanuméricas, Alan Kay fue un visionario que se planteó construir máquinas pequeñas, baratas, de uso personal y fáciles de usar para todo el mundo, incluidos los niños. Esta concepción del ordenador era sustentada por su visión como una máquina capaz de simular o representar cualquier sistema del mundo real o imaginario, siempre que su comportamiento pudiese ser descrito en términos de un lenguaje ejecutable.

A través de su relación con Marvin Minsky, y en especial con Seymour Papert en 1968, fundadores del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, tomó conciencia del papel que podían jugar los ordenadores para cambiar los métodos educativos. Esto inspiró la idea de ordenadores del tamaño de un cuaderno para niños de todas las edades. Desde entonces el principal interés de Alan Kay ha sido la utilización de los ordenadores para facilitar el aprendizaje y mejorar la creatividad de los niños desde edades muy tempranas, valora su potencial para permitir una participación más activa de los niños y ayudarles a interpretar el mundo que les rodea. Siempre ha reconocido su admiración por la gran pedagoga María Montessori.

Al acabar su tesis, el Dr. Alan Kay fue profesor un año en la Universidad de Utah y estuvo contratado otro año como investigador en la Universidad de Stanford. En estos dos años siguió madurando su visión de ordenador accesible a cualquier persona para realizar todo tipo de tareas, y en especial para potenciar el aprendizaje. Entonces fue cuando acuñó el nombre de "Dynabook", ya que consideraba que este tipo de máquinas deberían jugar un papel similar a la imprenta, serían portables con un tamaño pequeño similar al de una libreta y fáciles de usar y podrían almacenar una enciclopedia de "libros dinámicos". El Dr. Alan Kay pensaba que Dynabook traería nuevas formas de pensar a una sociedad que lo necesitaba.

En 1971, Alan Kay fue uno de los primeros investigadores contratados por Xerox para poner en marcha el Palo Alto Research Center (PARC) , cuyo objetivo era diseñar la oficina electrónica del futuro. El punto de partida de este centro de excelencia fueron los trabajos previos de Alan Kay sobre el Dynabook y los trabajos de Doug Engelbart, tam-

bién premio Turing, sobre un prototipo de sistema de oficina electrónica, que, entre otras aportaciones, incorporaba el ratón como dispositivo de entrada y la idea de hipertexto que fue la base para la navegación por Internet. Los investigadores vieron una excelente oportunidad para progresar en su visión de ordenador personal dentro de un proyecto de largo alcance que reunía a un equipo investigador de altísimo nivel.

Se crearon dos grupos de investigación principales, uno destinado a crear el hardware del sistema y otro, llamado Learning Research Group y dirigido durante diez años por Alan Kay, a crear el lenguaje que debía permitir la interacción de personas de todas las edades con el sistema. Este lenguaje, que recibió el nombre de Smalltalk, estableció los fundamentos de la programación orientada a objetos, el paradigma de programación con el que se construyen la mayoría de aplicaciones, y de las interfaces de usuario basadas en ventanas.

Uno de los grandes retos de la Informática ha sido, y todavía lo es, la creación de lenguajes que ofrezcan conceptos cada vez más abstractos, los cuales faciliten la programación de ordenadores con formas de razonamiento lógico de alto nivel y permitan crear programas de calidad y con bajo coste. Alan Kay diseñó Smalltalk en torno a una idea fascinante: la metáfora de objetos que intercambian mensajes con el propósito de colaborar entre ellos en el cumplimiento de una operación. Unos pocos conceptos se combinan de forma armoniosa para crear un lenguaje elegante y simple pero con una gran potencia expresiva, que lo convierte en una verdadera obra de arte, una de las construcciones más bellas de la Informática. Una nueva forma de entender la programación que se adelantó más de 20 años en el tiempo y que es considerada como la más adecuada para conseguir software de calidad. A lo largo de los años, se han creado muchos lenguajes inspirados en Smalltalk, como es el caso de Java y Ruby. Millones de programadores en todo el mundo escriben sus programas en la forma ideada por Alan Kay.

Pero Smalltalk no era sólo un lenguaje, era también un entorno de programación y su creación exigió una importante investigación en el terreno de la interacción hombre-ordenador, ya que se pretendía conseguir

un entorno amigable y confortable en el que se combinase texto con gráficos y animación. Toda la investigación estuvo muy centrada en descubrir cómo los niños aprenden, ya que se pretendía usar Smalltalk para enseñarles a pensar y a adquirir destrezas como la lectura, aprender música o adquirir conocimientos de física, química o matemática. Todo ello motivó la creación del primer entorno basado en ventanas superpuestas sobre la pantalla, en las que se podían representar texto, gráficos e iconos, y que permitían la interacción del usuario a través de los botones de un ratón. También en el terreno de las interfaces de usuario, Smalltalk fue pionero en el tipo de interacción que hoy incorporan la mayoría de las aplicaciones software y herramientas como sistemas operativos.

Creo que Alan Kay no ha vivido obsesionado con la publicación de artículos en revistas y congresos, ha preferido dedicar su tiempo a inventar e innovar, aunque sus artículos son excelentes como “The early history of Smalltalk”, publicado en 1992, en el que cuenta cómo surgió Smalltalk y, por tanto, toda su experiencia desde antes de iniciar la tesis doctoral hasta que abandonó Xerox. Alan Kay siempre ha demostrado la humildad que caracteriza a los sabios con el reconocimiento a las personas cuyo trabajo le inspiró y de las aportaciones de los miembros de su equipo, como se refleja a lo largo de este artículo. En él también explica el origen de su famosa frase “la mejor manera de predecir el futuro es inventarlo”, una respuesta a un responsable de Xerox que estaba obsesionado por cuáles serían las tendencias en los próximos años y dudaba de la visión de Alan sobre los ordenadores personales. Alan le envió algunos informes para convencerlo de cambiar la estrategia de la empresa. El siguiente extracto de uno de ellos, escrito en 1971, muestra la capacidad visionaria de Alan Kay:

“En los noventa existirán millones de ordenadores personales. Serán del tamaño de un cuaderno actual, tendrán pantallas planas de alta resolución, con un peso menor de cinco kilos, y de diez a veinte veces la capacidad de cálculo y almacenamiento de nuestro ordenador actual Alto. Llamémosle Dynabooks. Su coste será como el de una televisión de la época, ...”

Xerox, para su desgracia, no apostó por la visión del Dr. Alan Kay, y empresas como Apple y Microsoft se aprovecharon de todo el trabajo realizado en el Xerox PARC. Es difícil encontrar otro proyecto que haya conseguido resultados de tanta trascendencia como el llevado a cabo en el PARC: interfaces de usuario, Smalltalk, impresoras laser, ordenadores conectados en red, modernos procesadores de texto, entre otros.

Después de abandonar Xerox en 1980, Alan Kay ha dirigido grupos de investigación en varias empresas de primer nivel: Atari, Apple, Walt Disney y Hewlett-Packard, en las que siguió persiguiendo su sueño de convertir el ordenador personal en una potente herramienta para la educación de niños y jóvenes, utilizando Smalltak para crear una plataforma que facilite la construcción de software educativo. En Apple reunió a varios miembros de su antiguo equipo en el PARC y desarrollaron Squeak, una extensión open source de Smalltak destinada a crear aplicaciones multimedia que manejen información en cualquier tipo de medio. En estos años ha sido profesor visitante en el MIT (1982-1988) y en la Universidad de Kioto (2002-2006) Actualmente es profesor adjunto de Computer Science en la UCLA de California y también tiene un puesto en la Universidad de Wisconsin.

En el año 2001 fundó el *Viewpoints Research Institute*, en el que actualmente es su presidente, una organización sin ánimo de lucro dedicada, como no podía ser de otra manera, a investigar en ideas innovadoras para mejorar la educación y el aprendizaje de los niños, en nuevas interfaces de usuario que ayuden tanto en aprendizaje como en la realización de tareas, y en nuevas formas de computación personal. Está profundamente involucrado en la iniciativa *One Laptop per Child* que busca crear un ordenador portátil de 100 dólares, tipo Dynabook, para que todos los niños del mundo tengan acceso a las tecnologías de la información.

Es la primera vez que Alan Kay visita nuestra universidad; sin embargo, su espíritu ha estado muy presente en la Facultad de Informática, ya que, desde el curso 1991/1992 y durante una década, nuestros alumnos aprendieron la programación orientada a objetos con Smalltalk. Fuimos la primera universidad española en incluir un curso de programación orien-

tada a objetos y hemos utilizado Smalltalk tanto en docencia como en investigación.

El Dr. Alan Kay pertenece a esa élite intelectual que con sus ideas ha contribuido al progreso de la humanidad, un pionero de la informática que en los años sesenta soñó en un nuevo modelo de sociedad propiciado por ordenadores personales que favorecían una mejor educación de las personas y desde entonces dedica su vida a hacerlo realidad. ¿Estamos cerca de conseguirlo?

Espero haber sido capaz de elogiar como se merece a este hombre sabio y humilde, y haber trasladado a ustedes la relevancia de sus logros. Sr. Rector, Sres. Miembros de la comunidad universitaria, creo que es un grandísimo honor que el Dr. Alan Kay se incorpore a nuestro Claustro como Doctor Honoris Causa.

Alan C. Kay

Completing the Invention of Personal Computing

Palabras pronunciadas por el profesor
Dr. D. Alan C. Kay
con motivo de su investidura como
Doctor Honoris Causa por la
Universidad de Murcia

*Honourable Rector Magnificus,
Members of the University Community,
Ladies and gentlemen.*

The world would be a better place if everyone had access to the best ideas and help in learning them. In the 1960s, these were two of the main goals for the invention of Personal Computing and the Internet. A fair amount of the first goal is well on its way, but integral help in finding and learning the most important ideas is not yet part of personal computing.

Let us use a strong analogy to how the power of writing, especially through the printing press, was able to greatly surpass what could be accomplished through the best human teachers alone.

This power goes far beyond the partial imitation of oral discourse in providing access to the thoughts of thousands of great minds. Becoming a fluent reader brings important and beneficial surprises: literate societies are not “oral societies with writing systems”, but societies which think qualitatively differently than oral societies. In other words, writing is not just a record of oral discourse, but learning and doing writing-and-reading causes important changes in how thinking itself is done.

This new learning doesn't happen automatically the way we acquire a "human universal" such as spoken language. Writing-and-reading is not universally built into us genetically, but had to be invented, is more difficult to learn than spoken language, and requires different processes to learn it.

It is not surprising that getting fluent writing-and-reading going in a culture which lacks it can be difficult to organize. There are not enough fluent and knowledgeable adults to help the children, and this leads to a next generation where too few adults are fluent and knowledgeable, etc.

This is the case for other powerful inventions such as modern science and mathematics, engineering and technology, representative democratic governance, medicine and sanitation, etc. However, if something like writing-and-reading-for-content is fluent in a society, we can explain many of the new ideas directly to readers with less need for highly knowledgeable adults as intermediaries.

This is what happened very gradually in Europe and then in America after the invention of the printing press. Books started to augment teachers and then became teachers. We started to think differently, and the largest changes in human history quickly followed.

When Andrew Carnegie set up thousands of free public libraries in the US more than 100 years ago, plans were drawn for a variety library buildings, always including two special rooms—one for children, and the other where reading could be taught to those who were not fluent enough to make use of the printed riches in the rest of the building.

Part of this wonderful story is that Carnegie was an immigrant child worker whose boss opened his home library to those workers who wanted to read. This transformed Carnegie's life and future. He realized it was a stroke of luck that he had learned how to read before emigrating to the US, and that others would not be so fortunate. So he made sure that the libraries he founded with the great wealth he acquired always included the teaching of reading as well as books.

The analogy to the Carnegie Libraries came up in the 60s as one of the many goals for the inventions of personal computing and world-wide networking: to have the equivalent of both “the books” and “the teaching how to read”. Today, we can see something like the books of a Carnegie library available through the Internet, but not the actuality of a “room where one can learn to read”.

But what if we could create those “learning rooms” as part of technologies to come?

Though many parts educational reform are extremely difficult, it is now quite feasible to invent, make and distribute a new kind of “book” which besides being able to do what books have done, can also include useful helpful “teachers and mentors” for the content, and in addition can provide content that goes far beyond that of a book.

This is important because we have to recall that no one wanted to reform education in the 15th century (and especially not to reform society). But the advent of the printing press had that effect twice in two big whammies. The first in the 16th century as the Reformation contested who was allowed and able to think thoughts directly and read and write about them. And the really big one in the 17th and 18th centuries in which the character of thought changed as real science was invented for the first time, and strong experimental designs for representative democracies were adopted.

One way to look at this is that it is difficult to change people by trying to convince them, but if the environment is changed then our built in human drives to fit with environments causes us to *internalize the character of the environment*. Marshall McLuhan had a nice way of putting this. He said “We first shape tools, and then they turn around and reshape us”. This can be for better or worse (consider what internalizing television actually means compared to the internalization of print).

Books from the printing press could be multiplied much faster than human teachers of the new ideas, and much of the actual knowledge formerly taught by teachers could now be learned much more directly by the learners themselves. The job of teachers shifted to teaching how to learn for one's self and to providing senses of context and thresholds. These ideals partly flowed from Martin Luther's goal to make a vernacular Bible which could be on every kitchen table in Germany so every person could read its ideas for themselves. (However, many teachers, both secular and religious liked the idea of being the intermediaries to knowledge, and the tug of war between the Middle Ages and today still is being fought.)

In looking at good ways to teach reading and other important ideas through technology, we can see why it might be difficult to get personal computers to carry out the important roles played by human teachers, especially when children are the learners. Some of these roles are motivational—both in the sense of “other people are doing this, I want to also”, and in the sense of pleasing others, responding to encouragement, and so forth. But we do know that entities other than humans can assume some of these roles—for example, puppets and cartoon characters, avatars in video games, etc.

The larger difficulties lie in providing real discourse when it is needed—for the computer to be able to detect not just “errors” but, like a good human teacher, to use those errors and the history with a particular child to find the best kinds of appropriate gentle patient advice. In other words, for most important learning, it's not “correcting errors” that constitutes good teaching for most subjects, but in leading the learner to see what's wrong and how to make it better. And, like good teachers, we also want to give the learners a sense of excitement about what lies ahead.

The most important way to think about this is not to compare this proposal with great teachers, but again to think of what great books have meant to us, both with and without great teachers. The answers are “a lot” and “quite enough to change the world beyond great teachers alone”. The new “great books” we are proposing which can help us learn to understand them without having to find a great human to help will have enor-

mous positive effects, analogous to those of the printing press, but in places in the world printed books would be ineffective.

The underlying technology is now both easy and affordable. Very powerful networked personal computers can be made for less than \$100 dollars, and the advent of non-silicon-based technologies already here—such as new kinds of polymers for displays and circuits—promises to revolutionize design and manufacturing and ultimate costs by another factor of 10.

And—if we could invent it—the software part of our “mentoring user interface” can be replicated essentially for free via an Internet download to make a world in which everyone can have their own Carnegie Library complete with teachers good enough to get them started on most subjects. (It’s worth reflecting here that even at \$100 per computer and using the wireless infrastructures being installed in the world at present, supplying 6 billion human beings is about \$600 billion dollars (about 5 years of US expenditure in Iraq, or quite a bit less than the multi-trillion dollar bailouts of the US’s financial institutions!)

Of course, there is a lot more to all this than just making and distributing one kind of technology, and one kind of software mentor at low cost. For example, lifesaving \$1 inoculations also can be manufactured for all but they are still very difficult to distribute to many parts of the world that need them. The central point is that financial considerations are more about what people value than actual magnitudes of cost.

With respect to the needs of the entire world, we can see that though the “mentor in book” idea will not solve every educational problem, it could be even more powerful than the printing revolution because it provides a way to scale some of the needed mentoring, guidance and teaching that is almost impossible to make happen by trying to create enough human teachers.

Perhaps not too surprisingly, for content areas such as modern mathematics, science, technology and engineering, such “new books” will

have as much positive impact in developed areas such as Europe and the US as in developing countries. This is because the entire world has too few knowledgeable teachers in these subjects—especially in the elementary grades—to have a general positive effect on children. In many cases the adults lack so many of the new perspectives that it would be better if they didn't try to help at all. "The helpers need help!" everywhere.

Now let us turn to some of the real issues of making "books which can guide". First let's look at simple subjects that used to be taught by humans but are now so well understood that most teaching is now better done by computer. A really simple example would be Morse Code. It is well known how to teach it, and every part of this knowledge can be carried out as well or better on a computer.

An intermediary area is the sight reading part of learning musical instruments. For a number of years there have been good computer "listeners" which can flexibly compare what humans play to the scores they are trying to play, note various kinds of discrepancies and provide examples and advice. With an art form like music, we can well imagine there are real limitations to how far this can go—but current abilities go far beyond dead metronomic playing well into various forms of real expression.

We can see that the difficulty of making a foolproof educational environment is strongly connected to the level of our own concrete understanding of the subject, how that subject connects to the many other subjects that we use as scaffolding and perspectives on our knowledge, and what kinds of sensing and interpretation of the learners' actions the computer can be induced to do.

Along similar lines as Morse Code and more difficult music examples, many good mentoring environments can be made from a combination of studying learners trying to learn a subject and noting all the routes, especially including the mistakes, and then designing a careful user interface that can detect what route a particular learner seems to be taking, correlate it with the history of the particular learner, and then provide appropriate advice (including offers to backtrack a little and start a path over). A number of excellent versions of these have been done over the years (for

example by John Seeley Brown and Richard Burton in teaching 3rd grade arithmetic more than 35 years ago).

This brings home an important point. A user interface doesn't have to be smart to feel smart. But it does have to be seamless and comprehensive in its coverage of situations. In many cases, especially for important areas in making learning environments this comprehensiveness can be supplied by thousands of reactive patterns gathered by experience with tens of thousands of learners.

A deeper example of a computer mentor for children is "Ada and Grace", two "virtual human" museum guides in the Boston Museum of Science (designed by the Institute of Creative Technologies in Southern California). These appear as young ladies with the personalities of Ada Lovelace and Grace Hopper, two of the most influential computer scientists in history. They can understand the speech of children well enough to discern most questions or to ask another question, and have quite a bit of knowledge about their museum exhibit, and of each other—one of the most entertaining aspects is that they can banter amongst themselves and with the children using subject matter from the children's questions.

Some of the middle ground between learner-teacher and learner-book interactions, especially for young children, can be bridged by careful design of anthropomorphic characters. Except in special cases—such as a museum—presenting a "virtual human" leads to unrealistic expectations by the learner of what the avatar is capable of, and it is generally much better user interface design to design animal or "alien" characters whose mannerisms give important clues as to how they can be interacted with, or to omit visuals entirely.

A higher level of mentoring is to take a subject that the computer can "understand" beyond the spinal reflex level. For example, the Geometry Tutor done using the ACT-R methods of John Anderson and his colleagues at Carnegie-Mellon, has a very good model of geometry, geometric reasoning, geometric proof, etc., and good models for how to help learners understand, "see", and construct geometric proofs. A sad note is that the com-

mercial version of this software (through the company Carnegie Learning) does not employ the excellent “how to prove” mentor – because the American high schools who buy this software have almost entirely done away with having students learn to prove in their geometry curricula!

As a mathematician, this makes me sick. But it is a good example of the struggles in (at least) the US education system. And is perhaps an even better example why “smarter books” might help learners and helpers alike to keep the conceptions of important subjects high enough to matter.

The most important new subject for universal fluency is science, especially the scientific outlook: its different perspectives on knowledge and method have made “the invisible more visible” for the first time in our 200,000 years on this planet.

Science works by recognizing that our brains evolved for a particular kind of survival and not for deep questions about the nature of the universe. Our natural take is that “the world is as it seems”, but just a few hundred years ago we started finding through science that most conceptions we’ve had for hundreds of thousands of years about our universe and ourselves have been way off the mark.

The Talmud has a nice line: “We see things as we are, not as they are”. To get at the latter we have find ways to get around our quick judgments, dogmas, and frequent errors of perception. We have to gather careful evidence from the world and treat this as more important than our fond beliefs and opinions.

The most important idea about science is that it is not just about stars and atoms, but about all theories we try to invent about our situations, especially theories about us, and our relations with others. We need to learn to think much better about all aspects of ourselves, and the methods and outlook of science are the most important ways we’ve come up with to do this.

We can easily see that large parts of thinking scientifically cannot be learned from books or computers directly. This is because in a book or com-

puter we can make one set of claims or their opposite; they are just stories in the end and there is no necessary strong relationship of these stories to the world we live in. So the results of science as expressed in books and computers are just claims that could have the same level of foundations as religion, or could have much stronger foundations. We can't tell by just looking.

Through books and computers, we can learn careful ways to express and think about ideas and their implications—in other words, mathematics—because math is about itself. It can be consistent, but it doesn't have to be about the universe we live in. But mathematics are very important to science, because we need to express theories about our world in terms of very crisp models whose consistency and implications can be carefully inferred (and, even if the mathematics are perfect, we still have to check the conclusions against the world). Computers are now a deeply important part of this process in scientific thinking.

The key to science lies in acquiring the new *outlooks* on what it means to “know”, to “find out”, to “speculate”, to “argue”, etc., that are at the heart of scientific method.

Most scientists agree that the core of science learning is to do what scientists do in probing the world directly and trying to understand the invisible under the visible—in other words, for learners to actually be real junior scientists. (The analogies to music and sports learning are deep here.)

But because scientific knowledge has been very difficult for expert adults to tease out of the world, the learning of science is best done not by casting learners adrift into pure discovery, but by guiding learners to help them “see”, yet without telling them what they should see. (A tricky and subtle business.)

Gradually the underlying outlook of science is acquired and this allows scientific claims in books and computers to be contemplated with a frame of mind very different from that of religious belief.

This kind of guidance is theoretically within the range of computer mentors but it also constitutes the most difficult area of making “books

that can help us understand them". Part of this is because the subject matter is difficult and subtle, and part because learners have to do things in the real world to learn, and this places great stress on how the computer mentors can sense what is going on and provide helpful advice.

Where are we today on completing the invention of Personal Computing with interfaces that can help us learn important subjects?

A good analogy is to where we were on personal computing and pervasive networking in the 60s. Computers existed, networks existed, end-user interaction with computers existed. But the conception of computers was very different. They were thought of as tools for specialized tool-users not as media, and especially not as media for everyone. Networks were small and hard to scale. Users had to be trained to use computers, and the prevailing notion was very similar to the idea in the early 20th century that automobiles couldn't be a mass transport because there would not be enough chauffeurs!

But today we have more than 2 billion personal computer users on a truly world wide network because a few visionaries in the early 60s issued a Grand Challenge: "The Destiny of computers is to become intellectual complementary partners for everyone, pervasively networked worldwide". And they meant everyone. The original name for the not yet invented pervasive network was "The Intergalactic Network" to encourage the researchers to take on a scale larger than the world of their time.

Many people inside and outside computing thought this was completely insane. But a few who didn't also had funding to create a community of researchers starting in 1962 at MIT, expanding to 15 sites in a few years, to Xerox PARC in the early 70s, with the results of the personal computer, graphical user interface, Ethernet and Internet, laser printing and many other inventions. This took about 10 years to accomplish.

Similarly, today we have the underlying technologies, we have many examples of how to do "mentored content", and important ideas of how to proceed with the next steps to make real environments which will

actually work without the need for other mediation.

100 years ago H.G. Wells observed: “Humanity is in a race between catastrophe and education”, and we can feel the urgency of this much more strongly today.

The United States has a new president who declared to the US National Academy of Sciences in February 2009 that one of the new Grand Challenges for US research investment should be “Learning software as effective as a personal tutor”. He also said “We can do this!”

We can, and we must.

Culminar la invención de la informática personal

Alan C. Kay

*Excmo. y Magnífico Sr. Rector,
Miembros de la Comunidad Universitaria,
Señoras y señores,*

El mundo sería mejor si todo el mundo tuviera acceso a las mejores ideas y asistencia para aprenderlas. En los años 60 estos eran dos de los principales objetivos de la informática personal e internet. Gran parte del primero va bien encaminado pero la ayuda integral para encontrar y aprender las más importantes ideas aún no forma parte de la informática personal.

Usemos una analogía impactante sobre como el poder de la escritura, especialmente mediante la prensa escrita, fue capaz de superar lo que podría conseguirse sólo mediante los mejores profesores humanos.

Este poder va mucho más allá de la imitación parcial del discurso oral para dar acceso a los pensamientos de miles de mentes grandiosas. Convertirse en un lector avezado conlleva beneficiosas e importantes sorpresas: las sociedades alfabetizadas no son “sociedades orales con sistemas de escritura” sino que sociedades que piensan de un modo cualitativamente diferente de las sociedades orales. En otras palabras, la escritura no es tan sólo un registro del discurso oral sino aprender y producir lectura y escritura provoca cambios grandes en el propio proceso de pensamiento.

Este nuevo aprendizaje no sobreviene automáticamente cuando adquirimos una capacidad innata como es el lenguaje hablado. Leer y escribir no se construyen universalmente en nuestros genes sino que tuvieron que

ser inventados, es más difícil que aprender una lengua hablada y requiere diferentes procesos para aprenderlos.

No sorprende que conseguir que lectura y escritura habituales entren en una cultura de la que carecen sea complicado de organizar. No hay adultos con suficiente fluidez y conocimientos para ayudar a los niños y esto lleva a que en la siguiente generación siga habiendo pocos adultos instruidos y así sucesivamente.

Este es el caso en otros inventos poderosos como la ciencia moderna y las matemáticas, ingeniería y tecnología, gobernanza democrática representativa, medicina y sanidad, etc. Sin embargo, si algo como la escritura y la lectura comprensivas fuera habitual en una sociedad, podemos explicar muchas de las nuevas ideas directamente a los lectores con menos necesidad de adultos con conocimientos profundos como intermediarios.

Esto es lo que pasó de modo paulatino en Europa y luego en América tras la invención de la imprenta. Los libros comenzaron a sobrepasar a los profesores y entonces, se convirtieron en profesores. Empezamos a pensar diferente y llegaron rápidamente los más grandes cambios en la Historia de la Humanidad.

Cuando Andrew Carnegie fundó miles de bibliotecas públicas en Estados Unidos hace más de cien años, se planearon edificios para una variedad de bibliotecas siempre incluyendo dos “salas especiales” una para niños y otra donde se enseñara a leer a aquellos que no tenían la destreza suficiente para poder disfrutar de las riquezas impresas en el resto del edificio.

Parte de esta maravillosa historia es que Carnegie fue un niño trabajador inmigrante cuyo jefe abrió las puertas de su biblioteca en casa a los trabajadores que quisieran leer. Esto transformó la vida y el futuro de Carnegie. Era consciente de que fue una suerte que hubiera aprendido a leer antes de emigrar a los Estados Unidos y de que otros no serían tan afortunados. De modo que se aseguró de que las bibliotecas que fundó con su

inmensa riqueza, siempre incluyeran la enseñanza de la lectura además de los libros.

La analogía con las Bibliotecas Carnegie apareció en los 60 como una de las muchas metas de la informática personal y del trabajo en red global: tener el equivalente tanto de “los libros” como del “enseñar a leer”.

Hoy aún podemos ver algo parecido a los libros de una biblioteca Carnegie pero no la actualización de “una sala donde se aprende a leer”. Pero, ¿qué pasaría si se pudieran crear esas “salas de aprendizaje” como parte de la tecnología del futuro.

Aunque gran parte de la reforma educativa es muy difícil, ahora es factible inventar, crear y distribuir una nueva clase de “libro” que además de poder hacer lo que los libros vienen haciendo, pueda también incluir “profesores y tutores” útiles para el contenido y así, incluso ofrecer un contenido que va más allá del libro.

Esto es importante porque debemos recordar que nadie quería la reforma de la educación en el siglo XV (y menos aún reformar la sociedad). Pero la llegada de la prensa tuvo ese efecto con dos maldiciones. La primera, en el siglo XVI cuando la Reforma establecía quiénes podían y sabían pensar directamente y leer y escribir sobre ello. Y la mayor en los siglos XVII y XVIII en los que la naturaleza del pensamiento cambió al inventarse la ciencia real por primera vez y se adoptaron fuertes diseños experimentales de democracias representativas.

Una manera de ver esto es que es difícil cambiar a la gente intentando convencerlos pero cuando el ambiente cambia, los esfuerzos por adaptar nuestro interior humano al ambiente nos provocan que interioricemos la naturaleza del ambiente. Marshall McLuhan lo expresó bien. Decía: “Primero damos forma a las herramientas y entonces, ellas se revuelven para reformarnos a nosotros”. Esto puede ser para bien o para mal (consideren lo que supone interiorizar hoy en día la televisión comparado con la interiorización de la imprenta).

Los libros de la imprenta podían ser multiplicados mucho más rápido que profesores humanos con nuevas ideas, y mucha de la sabiduría actual que antes enseñaban profesores podía ahora ser aprendida de un modo más directo por parte de los propios alumnos. El trabajo de los profesores pasó desde enseñar hacia cómo aprender por uno mismo y a ofrecer sentidos de contexto y límites. Estos ideales, en parte, emanaron del objetivo de Martín Lutero al hacer una Biblia vernácula que estuviera en toda mesa en Alemania para que cada uno leyera por sí mismo sus ideas. (Sin embargo, a muchos profesores tanto seculares como religiosos les gustaba la idea de ser intermediarios en el conocimiento y todavía se libra la batalla entre la Edad Media y hoy.)

Al buscar buenas formas de enseñar a leer y otras ideas importantes mediante la tecnología, podemos ver por qué podría ser difícil llegar a que los ordenadores desempeñen el papel de los profesores, especialmente cuando los alumnos son niños. Algunos de estos papeles son motivacionales en el sentido de “otros lo hacen, yo también quiero hacerlo” y en el de agradar a otros, respondiendo al ánimo y otros. Pero sabemos que seres no humanos pueden asumir algunos de esos roles - por ejemplo marionetas, dibujos animados, avatares en video juegos, etc.

La dificultad mayor estriba en dar diálogo auténtico cuando se necesita - que el ordenador fuera capaz no sólo de detectar “errores” sino como un buen profesor humano, de utilizar esos errores y el historial de un chico en concreto para encontrar las maneras más apropiadas de aconsejarle paciente y amablemente. En otras palabras, para el aprendizaje más significativo, no es corregir errores lo que constituye una buena enseñanza para la mayoría de los sujetos sino llevar al que aprende a ver lo que está mal y como mejorarlo. Y como los buenos profesores, queremos provocar en los alumnos un cierto sentido de interés por lo que está por llegar.

Lo vital al pensar en esto es no comparar esta propuesta con buenos profesores sino pensar en lo que han significado para nosotros los buenos libros, con y sin esos grandes profesores. Las respuestas son “mucho” y “bastante como para cambiar el mundo más allá que sólo con buenos profesores”. Los nuevos “buenos libros” que estamos proponiendo y que

pueden ayudarnos a aprender a entenderlos sin necesidad de ayuda humana, tendrán un enorme efecto positivo, análogo al de la imprenta pero en sitios donde los libros impresos serían poco efectivos.

La tecnología que lo sustenta es ahora fácil y asequible. Por menos de 100 dólares se pueden hacer ordenadores personales en red muy potentes y la llegada de las tecnologías sin silicio ya existentes -tales como nuevas clases de polímeros para circuitos y pantallas - promete revolucionar el diseño, la manufactura y costes por10.

Y, si pudiéramos inventarlo, el software de nuestra “interfaz de tutoría para el usuario” puede ser replicada prácticamente gratis con una descarga en internet para hacer un mundo en el que todos tuvieran su propia Biblioteca Carnegie llena de profesores bastante buenos como para poder iniciarse ellos mismos en la mayoría de los temas. Merece la pena reflejar aquí que incluso con el coste de 100 dólares por ordenador y usando las infraestructuras sin cables ya instaladas, para dar servicio a seis mil millones de personas serían 600.000 millones de dólares (el gasto de Estados Unidos en Irak en unos 5 años, o un poco menos que el aval de millones de millones de dólares a las instituciones financieras de Estados Unidos.)

Por supuesto, el asunto es más complejo que hacer y distribuir una clase de tecnología y un software tutorial a bajo precio. Por ejemplo, se pueden fabricar vacunas para todos que salvan vidas por un dólar pero lo complicado es distribuir las en muchas partes del mundo donde se necesitan. El punto central es que las consideraciones financieras tienen más que ver con lo que la gente valora que con la auténtica magnitud de su coste.

Con respecto a las necesidades del mundo entero, podemos observar que a pesar de que la idea del “tutor en un libro” no resolverá cualquier problema educativo, podría ser más poderoso que la revolución de la imprenta porque nos ofrece un modo de medir mejor de las necesidades de tutoría, orientación y enseñanza que es casi imposible producir intentando generar suficientes profesores humanos.

Quizás no sorprenda que para áreas de contenido como las matemáticas modernas, ciencia, tecnología e ingeniería, tales “nuevos libros” tendrán tanto impacto positivo en zonas desarrolladas como Europa y Estados Unidos como en los países en desarrollo. Esto sucede porque el mundo entero tiene demasiado pocos profesores instruidos en estas materias - especialmente en los niveles de primaria- como para tener un efecto general positivo en los niños. En muchos casos, los adultos carecen de tantas nuevas perspectivas que sería mejor que no intentaran ayudar en absoluto. “¡Los facilitadores necesitan ayuda!” En todos sitios.

Ahora vayamos hacia el tema auténtico de hacer “libros que puedan guiar”. Primero, miremos a temas que solían ser enseñados por humanos pero que son ahora tan bien entendidos que la mayoría de la enseñanza se realiza con ordenador. Un ejemplo muy sencillo sería el Código Morse. Se sabe bien cómo enseñarlo y todo este conocimiento se puede llevar a cabo igual de bien o mejor con ordenador.

Una zona intermedia es la lectura, parte de aprender a tocar los instrumentos musicales. Desde hace un tiempo ha habido buenos ordenadores “oyentes” que pueden comparar con flexibilidad lo que los humanos tocan de las partituras que intentan interpretar, notar varias clases de discrepancias y dar ejemplos y consejos. Con una forma de arte como la música, podemos imaginar que hay serias limitaciones de hasta dónde esto puede llegar- pero las habilidades actuales superan la plana interpretación metronómica de variadas formas de expresión real.

Podemos ver que la dificultad de conseguir un ambiente educativo infalible tiene una fuerte conexión con el nivel de nuestro entendimiento concreto de una materia, cómo esa materia se conecta con las otras materias que usamos como andamiaje y perspectivas en nuestro conocimiento y qué tipos de sensaciones e interpretación de las acciones de los alumnos se puede pedir al ordenador que haga.

En una línea parecida al Código Morse y ejemplos musicales más difíciles, muchos entornos de buena tutoría resultan de una combinación de alumnos que estudian para aprender una materia y de tomar nota de todas

las rutas, especialmente incluyendo los errores y luego, diseñando una cuidada interfaz de usuario que pueda detectar que camino toma un alumno en particular, relacionarlo con la historia de este alumno y entonces dar el consejo adecuado (incluyendo ofrecerle volver unos pasos atrás y retomar otra vía). Varias excelentes versiones de esto se han hecho en el pasado (por ejemplo, John Seely Brown y Richard Burton al enseñar Aritmética de Tercer curso hace más de 35 años).

Esto nos devuelve a un punto importante. Una interfaz de usuario no tiene que ser inteligente para que lo parezca. Pero sí que ha de ser clara y cubrir diferentes situaciones. En muchos casos, sobre todo en áreas relevantes para crear ambientes educativos, esta comprensión puede provenir de miles de patrones de reacciones recogidas de la experiencia de decenas de miles de alumnos.

Un ejemplo más profundo del ordenador tutor para niños es “Ada y Grace”, dos guías virtuales humanas en el Museo de Ciencia de Boston (diseñado por el Instituto de Tecnologías Creativas en California Sur). Éstas parecen dos jóvenes señoritas con las personalidades de Ada Lovelace y Grace Hopper, dos de las más influyentes científicas informáticas de la Historia. Ellas entienden bien el habla de los niños como para distinguir la mayoría de las preguntas o hacer otra pregunta y saben mucho sobre la exposición del museo y sobre cada una de ellas - de lo más divertido es como bromean entre ellas y con los niños usando los temas de sus preguntas.

Algo de la tierra de nadie entre aprendiz y profesor y aprendiz e interacciones con libros, sobre todo en niños, puede salvarse con el diseño de personajes antropomórficos. Excepto en casos concretos - como un museo-presentar a un humano virtual lleva a expectativas irreales por parte del alumno de lo que el avatar puede hacer y en general, es mucho mejor el diseño de interfaz de usuario que el dibujo de un personaje animal o extraño cuya gestualidad nos dé claves sobre como interactuar con ellos, o incluso omitir del todo lo visual.

Un nivel superior de tutoría es tomar un tema que el ordenador pueda “entender” más allá de nivel de acción refleja. Por ejemplo, el Tutor

de Geometría que se hizo usando los métodos ACT-R de John Anderson y sus colegas en Carnegie-Mellon, tiene un muy buen modelo de geometría, razonamiento geométrico, prueba geométrica, etc. y buenos modelos sobre como ayudar a los alumnos a entender, “ver” y construir pruebas geométricas. Lo triste es que la versión comercial de este software (a través de la compañía Carnegie Learning) no usa el excelente tutor “cómo comprobar” - ¡porque los institutos norteamericanos que compran este software han desistido de que los estudiantes aprendan a comprobar en el marco de la geometría!

Como matemático, esto me pone enfermo. Pero es un buen ejemplo de las luchas en (al menos) el sistema educativo en los Estados Unidos. Quizás aún mejor ejemplo es por qué los “libros inteligentes” podrían ayudar a los alumnos y a los facilitadores a mantener lo suficientemente elevadas las nociones de materias importantes para que sean de interés.

El tema novedoso más notable para el conocimiento universal es la ciencia, y especialmente, la perspectiva científica: sus diferentes puntos de vista sobre el conocimiento y el método han hecho “lo invisible más visible” por primera vez en nuestros 200.000 años en el planeta.

La ciencia trabaja reconociendo que nuestros cerebros se desarrollaron para un tipo de supervivencia y no para cuestiones profundas sobre la naturaleza del universo. Nuestra creencia natural es que “el mundo es como parece” pero sólo hace unos cientos de años empezamos a descubrir mediante la ciencia que la mayoría de los conceptos que hemos tenido durante cientos de miles de años sobre nuestro universo y sobre nosotros, eran incorrectos.

El Talmud tiene un bonito verso: “Vemos las cosas como nosotros somos, no como ellas son”. Para aspirar a esto último, hemos encontrado maneras de librarnos de nuestros rápidos juicios, dogmas y frecuentes errores de percepción. Tenemos que recoger con cuidado pruebas del mundo y tratarlo con más significado que nuestras queridas creencias y opiniones.

La idea más influyente en la ciencia es que no es simplemente sobre estrellas y átomos sino sobre todas las teorías que intentamos inventar sobre nuestras situaciones, sobre todo, teorías sobre nosotros y nuestras relaciones con los demás. Necesitamos aprender a pensar mucho mejor sobre los aspectos sobre nosotros mismo y los métodos y la visión de la ciencia son las más imprescindibles formas de hacerlo.

Podemos fácilmente ver que grandes partes del pensamiento científico no pueden ser aprendidas en libros u ordenadores directamente. Esto es porque en un libro o en un ordenador uno puede hacer una serie de afirmaciones o su contrario; al final, son sólo historias y no se relacionan necesariamente con el mundo en el que vivimos. Así, los resultados de la ciencia tal y como los expresan los libros y los ordenadores no son más que afirmaciones que podrían tener los mismos fundamentos que la religión o podrían tenerlos mucho más sólidos. No sabemos eso sólo con verlos.

Mediante libros y ordenadores podemos aprender maneras válidas de expresar y pensar en ideas y sus implicaciones - en otras palabras, matemáticas- porque la matemática versa sobre sí misma. Puede ser coherente pero no tiene que tener que ver con el universo que habitamos. Pero las matemáticas son importantes para la ciencia porque necesitamos expresar las teorías sobre el mundo en términos de modelos limpios cuya coherencia e implicaciones se infieran con acierto (e incluso si las matemáticas fueran perfectas, todavía tendríamos que comprobar las conclusiones contra el mundo). Los ordenadores son actualmente una parte vital del proceso del pensamiento científico.

La clave para la ciencia estriba en adquirir las nuevas perspectivas sobre lo que significa “saber”, “descubrir”, “especular”, “debatir”, etc. que son el grueso del método científico.

La mayoría de los científicos coinciden en que el corazón del aprendizaje de la ciencia tiene que ver con lo que los científicos hacen al realizar pruebas del mundo y con intentar entender lo invisible bajo lo visible - en otras palabras, para que los alumnos sean auténticos científicos junior. (Aquí las analogías con el aprendizaje de la música y los deportes son profundas).

Pero como el conocimiento científico ha sido complejo de desentrañar del mundo para adultos expertos, la enseñanza de la ciencia se realiza mejor no lanzando a la deriva hacia el descubrimiento puro a los alumnos sino guiándolos para ayudarles a “ver” aunque sin decirles lo que deberían ver. (Asunto complicado y sutil).

Gradualmente la perspectiva subyacente de la ciencia se va adquiriendo y esto permite que las afirmaciones científicas en los libros y ordenadores se consideren en un marco mental muy diferente al de la creencia religiosa.

Este tipo de guía está teóricamente dentro del rango de ordenadores tutores pero además constituye el área más compleja de hacer “libros que pueden ayudarnos a entenderlos”. En parte porque la materia es difícil y delicada y en parte, porque los alumnos tienen que practicar las cosas en el mundo real para aprender, y esto enfatiza como los ordenadores tutores pueden discernir lo que está pasando y dar consejos valiosos.

¿Dónde estamos hoy en la culminación del invento de la Informática Personal con interfaces que nos pueden ayudar a aprender materias importantes?

Una buena analogía es dónde estábamos en informática personal y trabajo en red certero en los 60. Los ordenadores existían, las redes existían, la interacción con el usuario de los ordenadores existía. Pero el concepto de los ordenadores era muy diferente. Se les veía como herramientas para usuarios especializados de herramientas no como medios de comunicación y sobre todo, no para todos.

Las redes eran pequeñas y difíciles de medir. Los usuarios debían estar entrenados para usar ordenadores y la noción que primaba era muy parecida a la idea de principios de siglo XX de que los coches no podrían ser un medio de transporte de masas ¡porque no habría suficientes chóferes!

Pero hoy tenemos más de 2000 millones de usuarios de ordenadores en una auténtica red mundial porque unos pocos visionarios en los prime-

ros años 60 propusieron un Gran Reto: “El destino de los ordenadores es convertirse en compañero complementario intelectual para todos en una intrincada red mundial”. Y querían decir todo el mundo. El nombre original para esa penetrante red aún no inventada era “La Red Intergaláctica” para animar a los investigadores a elevar las miras más allá del mundo de su tiempo.

Mucha gente dentro y fuera de la informática pensó que esto era una completa locura. Pero unos pocos que no lo hicieron crearon una comunidad de investigadores que empezó en 1962 en el Instituto Tecnológico de Massachussets, que se expandió a 15 sitios en pocos años, a Xerox PARC a principios de los 70, resultando en el ordenador personal, la interfaz gráfica de usuario, Ethernet e Internet, impresión láser y muchos otros inventos. Esto tardó unos 10 años en conseguirse.

De manera parecida, hoy tenemos las tecnologías de base, tenemos muchos ejemplos sobre como hacer “contenido tutorial” e importantes ideas para dar los siguientes pasos para hacer ambientes reales en los que trabajar de hecho sin necesidad de otra ayuda.

Hace 100 años H. G. Wells observó: “La civilización es una carrera entre la catástrofe y la educación” y podemos sentir la urgencia de esto aún con más fuerza hoy en día.

Estados Unidos tiene un nuevo presidente que declaró en la Academia Nacional de Ciencias en Febrero de 2009 que uno de los Grandes Retos para la investigación en Estados Unidos debería ser “Software de aprendizaje tan efectivo como un tutor personal”. También dijo: “¡Podemos hacerlo!”

Podemos y debemos.