

Formación en TIC: A grandes males pequeños remedios

D. Juan Pazos Sierra



1. INTRODUCCIÓN

Decía Kant que la educación constituye el mayor y más grave problema que le puede ser planteado al hombre. Esta opinión fue corroborada por Wells quién, llegó a afirmar algo tan contundente como lo siguiente : "La historia humana llega a ser cada vez más una carrera entre la educación y la catástrofe".

Parece ser que fue Drucker [1993] el primero en advertir que la humanidad está entrando en la sociedad del saber. Estas fueron sus palabras : "El recurso económico básico ya no es el capital ni los recursos naturales, ni la mano de obra, es y será el saber". Previamente, Bell [1979] estableció como recurso estratégico principal de la sociedad postindustrial el conocimiento. Pero, naturalmente, para llegar a una sociedad del saber es necesario mejorar la capacidad de la sociedad de aprender. Por eso lo que conviene es mejorar las facilidades para que la gente pueda aprender. Aquí, después de analizar las causas que hacen inoperantes los sistemas educativos actuales, se presentarán pequeños remedios para mejorar las enseñanzas.

2. EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO

Antes de analizar las causas que contribuyen a la crisis de las enseñanzas actuales es prudente, por el confusionismo existente al respecto el distinguir tres aspectos concernientes a la enseñanza que, por conocidos, generalmente, se confunden. Son estos: la educación, la formación y el entrenamiento que, a continuación van a considerarse más en detalle.

Se entiende por educación a la aceptación crítica de la información o los conocimientos sobre un conjunto de valores universalmente aceptados y conquistados por el hombre a lo largo de su historia. Su función esencial consiste en proporcionar una regla general de comprensión de la realidad, más unos conocimientos de cómo y dónde encontrar las respuestas a problemas concretos. Toda educación debe ser personalización que se concretiza mediante: La autoconciencia o afirmación de uno mismo. El autocontrol o el dominio de uno mismo. La autodecisión o la actuación desde o por uno mismo.

La educación es el instrumento o medio que tiene el hombre para actuar en y sobre el mundo exterior y sobre sí mismo, y si no se la quiere igualar a la arbitrariedad completa, es decir, a la carencia de todo juicio de valor, se la puede definir como: la libre decisión, entre distintas posibilidades de actuación, fundada en el discernimiento de la situación y sus consecuencias, y guiada por valores. En suma, el libre albedrío dirigido por el principio de las elecciones racionales.

Teniendo lo anterior presente, no cabe la menor duda de que, como dijo Minsky, en su conferencia de recepción del Premio Turing en 1969, titulada "Form and Content in Computer Science" : "Hay un conflicto real entre las metas de los lógicos y las de los educadores. Los primeros, quieren minimizar la variedad de ideas y no les importa transitar por un largo y estrecho camino. Los educadores, por su parte, quieren, correctamente, caminos cortos y variados y no les importa, antes bien prefieren, conexiones con otras muchas ideas...".

En consecuencia, lo que debe pretender una educación adecuada es desarrollar criterios de preferencia libre, dentro de un marco de preferencia lógica, asociados a una forma superior de libertad. Lo que realmente es el conocimiento de la naturaleza, lógica o libre, de las preferencias que el individuo siente. Estos sistemas de preferencia se forman a partir de la educación que recibe y las experiencias que vive. Pues nacen de la transmisión del saber y de la experiencia diaria.

En los pasados treinta años, como lo señalaron Harmon y King [1985], expertos trabajando en áreas de entrenamiento y diseño educativo han identificado tres enfoques diferentes para instruir a la gente. El primero, que forma parte de un modo de cambiar, para mejor, las prestaciones de las personas, es conocido como formación, y estriba en proporcionar principios conceptuales que permitirán a dicha persona pensar en términos abstractos. En la formación se pone el énfasis en teorías abstractas o generales. Un individuo se forma, por ejemplo, cuando asiste a un master para ponerse al día en su profesión.

El segundo, que corresponde a un nivel medio, consiste en proporcionar alguna información teórica, pero dentro del contexto de valorar un procedimiento particular o alcanzar una meta específica. Este tipo de instrucción recibe el nombre de entrenamiento. El entrenamiento es la adquisición, más bien mecánica, de respuestas a estímulos dados, obedientemente, sin crítica. En consecuencia, el entrenamiento no es más que una herramienta que sólo sirve para lo que ha sido en concreto diseñada. De este modo, sólo proporciona la cantidad mínima de conocimientos conceptuales, poniendo el mayor énfasis en proporcionar "recetas", "trucos", "habilidades" que permitan a la persona obtener la respuesta o solución correcta a cualquier cuestión, sin necesidad de profundizar en los primeros principios y las leyes subyacentes a dichas cuestiones.

Finalmente, el tercer enfoque consiste en proporcionar la mínima cantidad de instrucción y poner el máximo énfasis en proporcionar "ayudas de trabajo", tales como "manuales de procedimiento", computadoras o cualquier otro dispositivo que permita a la persona que realiza un trabajo realizarlo correctamente sin saber gran cosa de lo que

subyace en la tarea que ejecuta. Este uso mecánico de las personas es denigrante y por eso no se va a considerar más.

Si se enfatiza lo que harán los sujetos que lo reciben cuando finalizan la instrucción, puede catalogarse bastante bien lo que ésta significa. En efecto, si se espera realmente ejecutar un trabajo, entonces las prestaciones del trabajo se convierten en el criterio por el cuál puede juzgarse la efectividad de la instrucción. En este caso, se está hablando de entrenamiento. Así, si un estudiante completa un curso sobre cómo usar el álgebra para establecer el precio de unos productos y cuando termina es capaz de hacerlo correctamente, se puede decir que el entrenamiento fue efectivo. Ahora bien, si la persona completa un curso de álgebra y la única consecuencia es un conocimiento más profundo de esa materia, se está hablando de formación. En otras palabras, no es el énfasis que se pone sobre los conceptos o procedimientos, como tales, los que marcan la diferencia entre entrenamiento y formación, sino que es el objetivo último del mismo lo que es importante. De este modo, el entrenamiento prepara a la persona para ejecutar un trabajo específico en una situación particular. Después de completar el programa de entrenamiento la persona puede, o no, efectuar alguna tarea. Otra forma de hablar acerca del entrenamiento, es decir que en él todos los esfuerzos se centran básicamente en la memorización y en la ejecución personal. El centrarse en la memorización significa que la persona debería ser capaz de responder a una situación determinada de memoria, sin ayudas externas. Pues lo que se quiere es que el entrenado sepa como hacer la tarea concreta o puntual de memoria.

3. APRENDIZAJE

Subyacente a los procesos anteriores, aparece un fenómeno hasta hoy no bien entendido: el aprendizaje. Para etólogos y psicólogos, modificación adaptativa, en el sentido de refuerzo, optimización y mejora, de la conducta. Más formalmente, como dijo Wiener [1967], un sistema organizado es aquel que transforma un cierto mensaje de entrada en otro de salida de acuerdo con algún principio de transformación. Si tal principio está sujeto a cierto criterio de validez de funcionamiento, y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema, se dice que el sistema aprende. En otros términos, el aprendizaje consiste en la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades que permiten encarar, con más posibilidades de éxito, la solución de cualquier problema, mejorando las decisiones en base a la experiencia.

Por otra parte, se sabe que el cerebro recibe información por los sentidos, que llega traducida en forma de impulsos eléctricos, que se procesan en la "malla" cerebral de aproximadamente diez mil millones de neuronas interconectadas, quedando almacenadas en la memoria. De esta memoria actualmente sólo se conocen sus propiedades funcionales, ignorándose tanto su "arquitectura" como su "organización interna". Cuando se conozca con exactitud todo este proceso eléctrico y físico-químico, así como los principios arquitectónicos y organizativos, tal vez se podrán imprimir directamente en el cerebro, sin pasar por los sentidos, las informaciones que se deseen. La memoria quedará grabada sin necesidad de estudio o de experiencia. Esta posibilidad, amén de maravillosa, es aterradora, según el uso a que pudiera aplicarse, de modo que sus posibilidades de control son tan perniciosas como sus ventajas de enriquecimiento. No sólo la memoria, sino cualquier tipo de experiencia sensorial: olfativa, táctil, visual, auditiva o gustativa; y tal vez alguna más para la que hoy el hombre está imposibilitado por deficiencias del aparato sensorial humano, podría introducirse directamente en el cerebro desde un artefacto alimentado con los más diversos programas que harían vivir, sin haberlas realizado, cualquier tipo de experiencias. Pero de momento, la única forma que se conoce de adquirir habilidades y, o, conocimientos es mediante la instrucción y el aprendizaje.

Sin embargo, la posibilidad anterior, parece ser, se verá hecha realidad en poco tiempo gracias a un diminuto chip que, situado detrás del ojo, recogerá cada momento vivido. Desde la cuna hasta la tumba. Para conseguirlo, la compañía telefónica británica, "British Telecom" ya ha invertido más de 4.000 millones de pesetas en el proyecto. Sus investigadores han calculado que para escribir todo lo que vive una persona desde su niñez hasta la vejez serían necesarios 30 millones de libros. En el año 2025 todas esas imágenes podrán ser vistas a través de una computadora que recibirá los datos que un diminuto chip cubierto de silicona mandará desde el nervio óptico.

El desarrollo del chip se está llevando a cabo desde los laboratorios Martlesham Heath, en la ciudad de Ipswich (Gran Bretaña). Winter, el científico al frente del proyecto, asegura no ver freno a las aplicaciones del futuro de la microtecnología. Las posibilidades del sistema irán poco a poco a más. Los técnicos no dudan de que, además de imágenes, algún día recogerá pensamientos, sentimientos y sensaciones. Entonces, cualquiera podrá rebobinar lo pasado, nada se olvidará y el tiempo perderá parte de su importancia.

La pequeña maravilla tendrá una memoria similar a la que ofrecen siete millones y medio de disquetes normales. "Se podría comparar con las actuales cajas negras de los aviones, que recogen hasta el último detalle", anuncian desde British Telecom, que piensa hacer negocio con el invento, si bien no esperan beneficios hasta mediado el próximo siglo.

Los beneficios de este invento serán ilimitados, desde la posibilidad de que una víctima de violación tenga grabada la imagen del agresor, hasta una revolución en los métodos de enseñanza. Será como una gran "chuleta".

Estos chips, con la información grabada en una persona, pueden ser transplantados a una segunda. De esta forma, el afortunado receptor tendría la experiencia que da toda una vida en su cerebro. De hecho, ya se habla de la posibilidad de que esa información se transmita de generación en generación, de padre a hijo. Simplemente se trasladarán experiencias de una persona a cualquiera, cuenta Winter. Uno podría incluso volver de vacaciones y mostrarle a sus amigos en la pantalla de la televisión las vistas, los sonidos, e incluso los olores, una buena paella, por ejemplo, de los que ha disfrutado, comenta Winter. Todo ello en un segundo, que es el tiempo que los investigadores aseguran que tardará el sistema en seleccionar el momento deseado.

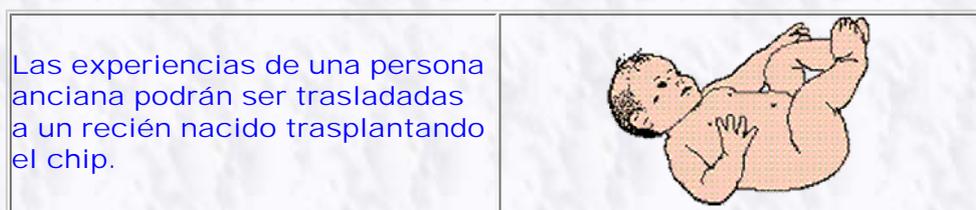


Figura 1. El chip prodigioso

Aunque lo anterior hoy día sea solamente premonitorio, la realidad actual permite afirmar que las computadoras facilitan la memorización y el manejo de la información. Estas facilidades para la memorización, reestructuración y reinterpretación de datos e informaciones, y se está en trance de hacer lo mismo con los conocimientos, se han multiplicado de tal modo que son aminoradas las capacidades memorísticas humanas para alcanzar el saber. Esto implica un nuevo concepto del saber y del aprendizaje. En consecuencia, surge la necesidad de otras habilidades distintas para disponer de conocimientos.

Pues bien, para alcanzar este estadio es necesario adecuar los sistemas educativos a este nuevo mundo, de intenso dinamismo, donde lo único realmente permanente es el cambio. Sin embargo, si hay algo en este mundo sobre lo que existe completo acuerdo es, por una parte, en la falta de calidad de la enseñanza actual y, por otra, una desilusión creciente ante el aula tradicional. Todo ello debido a que la forma de estudiar continúa estando desfasada de las necesidades y de los medios existentes en el mundo actual, y porque la didáctica, que debería ir por delante o, al menos, acompañada con el desarrollo técnico, va detrás, arrastrada por él. Sin embargo, la pedagogía ha avanzado notablemente, empezando a tener una base al tiempo científica y filosófica, apoyándose en sus exigencias y en sus técnicas para resolver los problemas: cognoscitivos; de ayudar a comprender; afectivos; de convivencia y comunicación con los alumnos; y didácticos, al aplicar la tecnología educativa.

Por lo tanto, el aprendizaje se obtiene del escrutinio experimental, de modo que el pensamiento que explica los resultados sólo es correcto en tanto en cuanto se corresponda con la conexión real que liga dichos resultados con los hechos observados. De este modo, el análisis lo conduce a la extensión de la razón y, recíprocamente, el examen de la razón lo lleva a ampliar la experiencia, que, como decía Huxley, "no es lo que te ocurre, sino lo que haces con lo que te ocurre".

Para que se produzca aprendizaje debe darse la voluntad de aprender. Sólo se aprende lo que se quiere aprender. La idea fundamental de todo aprendizaje, base de la mayeutica de Sócrates, y válida hoy día, es "Quien aprende es el que aprehende". Hasta tal punto es esto así que el premio Nobel de Física Richard P. Feynman dice, en su prólogo a su conocido libro de texto de Física General, citando a Gibbons: "El poder de la instrucción es, en general, poco eficaz, excepto en las felices disposiciones en que es casi superfluo".

El aprendizaje, que, como decía Shakespeare [1982], "es un simple apéndice de nosotros mismos, pues donde quiera que estemos está también nuestro aprendizaje" también fluye de todas las direcciones. Esto hace imprescindible para la formación del hombre moderno un saber fundado en la capacidad de aprender y visualizar los conocimientos a partir de las tecnologías actuales basadas en la computadora, y no, como hasta ahora, un saber basado en relatos o metarrelatos científicos. Los sistemas basados en conocimientos y, sobre todo, la RV pueden ser, si se usan adecuadamente, un buen instrumento para alcanzar este saber, a partir de un adecuado proceso de aprendizaje.

Parece un hecho aceptado por la mayoría de expertos del aprendizaje que la comprensión completa y total de un fenómeno supone la simultaneidad de tres categorías de evidencias:

- a) Conformidad con las leyes conocidas y ya asimiladas.
- b) No contradicción lógica.
- c) Evidencia intuitiva.

El mejor modelo de aprendizaje tiene lugar sin una enseñanza deliberadamente organizada, y es la manera en la que los seres humanos aprenden a hablar. Como se ve en los niños, los seres humanos son constructores activos de sus propias estructuras intelectuales; pero, obviamente, necesitan los materiales con los que construirlas: "Señor, no te pido que me des; ponme donde haya". Realmente, el factor crítico es la pobreza relativa de la cultura en aquellos materiales que formarían el concepto simple y concreto, y no, como sostenía Piaget, una mayor complejidad o formalismo. En otros casos, la cultura puede proporcionar los materiales, pero bloquear su utilización, frenando la creatividad

4. LAS RAZONES DE UNA CRISIS

4.1. CAMBIO ACELERADO

El hombre actual se encuentra en un mundo de intenso dinamismo donde lo único realmente permanente es el cambio. Por dar unos ejemplos, el año 1991 fue testigo de hechos tan relevantes como: la culminación de la Guerra del Golfo, la desaparición de la URSS, la demostración de la viabilidad de la energía de fusión, etc., etc., etc. De hecho, el cambio es tan acelerado que lo que una generación aprende en la infancia no sirve ya, veinte años después, en su edad adulta. Como apunta Kay [1991], cada generación debe estar presta a aprender nuevos paradigmas o maneras de interpretar el mundo, dado que los modos antiguos pierden validez con los años. Esto hace que los acontecimientos, los hallazgos y el crecimiento exponencial de los conocimientos se produzcan a velocidad de vértigo dando lugar a una situación tan cambiante que la única forma de describirla es usando las palabras que le dijo la Reina Negra a Alicia [Carrol, 1982]: "Now, here, you see, it takes all the running you can do, to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that!". Y, naturalmente, hay que llegar a otra parte, sin embargo, los avances que se hacen, eso sí muy flexibles, son hacia la retaguardia, pues como decía a sus alumnos un famoso profesor de medicina [Parnes, 1967]: "Dentro de cinco años la mitad de lo que explico se demostrará como equivocado o no tendrá valor, y el gran dilema es que no puedo contaros lo que pasará con la otra mitad". Pero lo peor es que "a priori" esa mitad que no sirve no se conoce.

En efecto, cuando se observa el entorno educativo de los países más avanzados, la sensación de crisis es más que evidente. En los últimos años, el espectáculo que ofrecen los sistemas de enseñanza es, en el mejor de los casos, de desconfianza y, en el peor, de absoluta inutilidad y deformador. A las huelgas de estudiantes en Francia, le suceden las críticas feroces al sistema educativo en los EE.UU y la insatisfacción en los demás países avanzados. Las razones que dan lugar a esta puesta en cuestión son múltiples y tan variadas como las alas de las mariposas, pero tres de ellas parecen ser las causas fundamentales que llevaron a esta situación de deterioro. Son éstas, la baja calidad de la enseñanza, la desilusión generalizada y creciente por el aula tradicional, y el mal uso de los medios actuales que se consideran sucintamente a continuación.

4.2. BAJA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA

Si en algo hay unanimidad, en lo que concierne a la formación, es en la falta de calidad de las enseñanzas actuales. De hecho, la forma de enseñar está, en gran medida, desfasada de las necesidades y de los medios tecnológicos existentes en la sociedad actual, y ello es así porque la didáctica que debería ir por delante, o al menos acompañada con el desarrollo tecnológico, va a remolque y como arrastrada por él. A este respecto, son esclarecedoras las palabras de Einstein [Kouznetsov, 1967]: "Es, en realidad, casi un milagro que los modernos métodos de instrucción no hayan estrangulado aún la sagrada curiosidad de preguntarse".

Como una muestra de la baja calidad de la enseñanza actual y de su deterioro progresivo sirva de ejemplo el tan conocido "Problema de las patatas que, como decía Bruno "se non é vero é ven trovato". Es decir, si no es cierto merecería serlo. El problema consiste en ver, vía ejemplo, la evolución del enunciado de un mismo problema matemático a través de los cambios a que ha estado sometido el Bachillerato en los últimos treinta años. Así en los años 60, el problema se enunciaba del modo siguiente:

Un campesino vende un saco de patatas por 1.000 ptas. Sus gastos de producción se elevan a los 4/5 del precio de venta. ¿Cuál es su beneficio?.

En el periodo correspondiente a la enseñanza tradicional; es decir, en los 70, el enunciado anterior quedó como sigue:

Un campesino vende un saco de patatas por 1.000 pesetas. Sus gastos de producción se elevan a los 4/5 del precio de venta, esto es, 800 pesetas. ¿Cuál es su beneficio?

Cuando a finales de los 70, entró en vigor la Ley General de Educación el enunciado tomó la siguiente forma:

Un campesino cambia un conjunto "P" de patatas por un conjunto "M" de monedas. El cardinal del conjunto "M" es igual a 1.000 pesetas, y cada elemento "PM" vale una peseta. Dibuja 1.000 puntos gordos que representen los elementos del conjunto "M". El conjunto de los gastos de producción comprende 200 puntos gordos menos que el conjunto "M". Representa el conjunto "F" como subconjunto del conjunto "M" y responde a la cuestión siguiente: ¿Cuál es el cardinal del conjunto "B" de los beneficios? Dibujar "B" en color rojo.

Completa esta actividad analizando los elementos del problema, relacionando los elementos entre sí y buscando el principio de relación de esos elementos. Finalmente, haz un cuadro de doble entrada, indicando en horizontal, arriba, los nombres de los grupos citados.

La enseñanza renovada de los 80, cambió el enunciado dejándolo de esta forma: Un agricultor vende un saco de patatas por 1.000 pesetas. Los gastos de producción se elevan a 800 pesetas y el beneficio es de 200 pesetas. Subraya la palabra "patatas" y discute sobre ella con tu compañero.

Por su parte, la, así llamada, LODE, de finales de los 80, rehizo este enunciado como sigue: Un lavriego vurgués, kapitalista privilejjiao s'anrequesío ingustamente de 200 pelas con una tocha d'patata, analiza el testo y busca las fartas d'ortografía, de sintasi y de puntuasi3n y cuenta de que tu piensas de su manera de s'enriquesé.

Cuando entró en vigor a mediados de los 90 la enseñanza comprensiva (aquella que ofrece las mismas experiencias educativas a todos los alumnos, de modo que el aprendizaje ha de asegurar que los conocimientos adquiridos en el aula puedan ser utilizados en las circunstancias en que el alumno vive y en las que puede llegar a necesitarlos), también conocida por LOGSE, el enunciado se transformó en: Tras la entrada de España en la Unión Europea, los agricultores no pueden fijar libremente el precio de venta de las patatas. Suponiendo que quieran vender un saco de patatas por 1.000 pesetas, haz una encuesta para poder determinar el volumen de la demanda potencial de patatas en España y la opinión sobre la calidad de nuestras patatas en relación con las importadas de otros países, y cómo se vería afectado todo el proceso de venta si los sindicatos del campo convocan una huelga general.

A finales de los 90; es decir, en la actualidad, y para ponerse al día, el enunciado se establece como sigue: Un productor del espacio agrícola en Internet peticiona un data-bank conversacional que le displaya el day-rate de la patata. Después se baja un software computacional fiable y determina el cash-flow sobre pantalla de mapa de bits (bajo MS_DOS, configuración floppy y disco duro de 40 megabytes.). Dibuja con el ratón el contorno integrado 3D del saco de patatas. Después haces un log-in a la WEB por 36.15 código BP (Blue Potatoe).

Por último, y si alguien no lo remedia, en el año 2000, el anterior enunciado se presentará del siguiente modo: ¿Qué es un campesino?

4.3. FALLOS DIDÁCTICOS Y PEDAGÓGICOS

Cuando uno observa un aula de hoy en día ve que, salvo en pequeños detalles técnicos tales como: uso de pizarras especiales y proyectores de transparencias, son exactamente iguales que las aulas de hace 100, 200 o quinientos años. Allí, un busto parlante, el docente, imparte lo que convencionalmente se ha denominado, muy grandilocuentemente, lección magistral, que, la mayoría de las veces, ni es lección ni, por supuesto, es magistral, y en donde un gran número de alumnos pasivamente, en el mejor de los casos, prestan oídos a lo que dice el profesor, y en el peor se aburren soberanamente. Como la pedagogía está lejos de ser una ciencia, cada cual presenta a su manera la colección de conocimientos que, a su leal saber y entender, y que muchas veces no son las adecuadas, deben adquirir los alumnos. Si algún docente se preocupa de tomarse esto convenientemente en serio, otros sucumben a los efectos que marcan peligrosamente el porvenir de los alumnos. Como decía Cicerón, una cosa es saber y otra enseñar. El hecho concreto es que si ciertas cuestiones aparecen como muy difíciles, la realidad es que se trata de cosas admirablemente simples. ¿No será ello debido a las carencias, fallos y limitaciones de los profesores que o no saben todo lo que debieran, o han adquirido malos hábitos pedagógicos? O, alternativamente, a qué hayan elegido para sus explicaciones caminos que ellos mismos encuentran intransitables, sin intentar encontrar otras formas de explicación igualmente rigurosas, pero más simples y, o, amenas, esto es, más eficientes. Muy pocos encuentran formas elegantes, como Stevin, de presentar lo que quieren transmitir.

Stevinus, o Stevin como lo escriben algunos, ingeniero flamenco, interesado en los trabajos de Arquímedes sobre el equilibrio mecánico, generalmente conocido como "Estática", amplió dichos estudios, siendo su principal contribución el dar una solución elegante al problema del equilibrio en un plano inclinado, que no había sido acometido por Arquímedes y que, sin embargo, fue tratado erróneamente por Heron. En efecto, en la cubierta de su libro sobre estática aparecía, el diagrama de la figura 2 que señala un gran progreso en la comprensión de los problemas de equilibrio. Stevinus estaba tan encantado con la construcción representada por su dibujo que formó con ella una viñeta sobre la cual escribió: WONDER, EN IS GHEEN WONDER, que puede traducirse por "Maravilloso, pero no incomprendible".

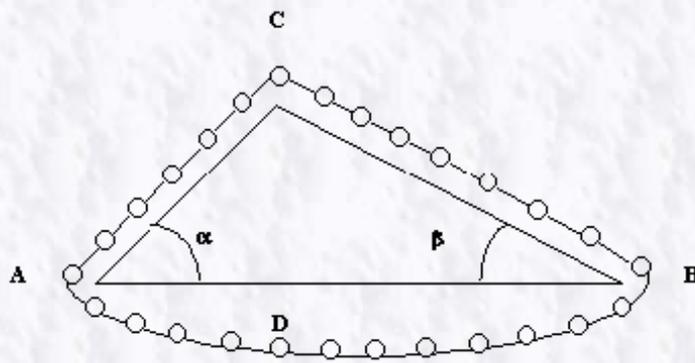


Figura 2. La cadena sin fin de Stevinus demostrando la ley de equilibrio en un plano inclinado.

En realidad, según lo cuenta Gamow [1971], Stevinus demostró que la ley del plano inclinado se desprende en "forma evidente por sí misma", de la imposibilidad del movimiento continuo. Como se ve en la figura 2, una cadena formada por un cierto número de esferillas metálicas (bolas de cojinete, se le llamarían hoy) se coloca en un soporte prismático con lados muy lisos (sin fricción). ¿Qué sucederá? Como hay más bolas en el lado derecho, que es el más largo del prisma, que en el izquierdo (el más corto), se podría pensar que, a causa de la diferencia de pesos, la cadena comenzaría o moverse de la derecha a la izquierda. Pero, como la cadena es continua, este movimiento nunca se detendría y la cadena giraría para siempre. Si esto fuera verdad, se podría añadir a este aparato algunas ruedas dentadas y engranajes y hacer girar todo género de maquinaria por un período indefinido de tiempo, sin coste alguno. De este modo se obtendría trabajo realizado por nada y la humanidad conseguiría más beneficios que con todas las promesas del programa "átomos para la paz".

Pero Stevinus, que era un hombre práctico y sensato, descartó esta posibilidad y postuló que la cadena debía quedar en equilibrio. Esto significa que el empuje de una bola colocada sobre un plano inclinado decrece con el ángulo entre éste y el plano horizontal, lo que está totalmente conforme con el hecho de que ninguna fuerza actúa sobre una bola colocada sobre una superficie horizontal. Como el número de bolas situadas en los lados derecho e izquierdo es evidentemente proporcional a la longitud de estos lados, se puede escribir designando por F_i y F_d las fuerzas que actúan sobre cada bola en cada lado:

$$F_i \times AC = F_d \times CB$$

o

$$\frac{F_i}{F_d} = \frac{CB}{AC}$$

Introduciendo los senos de los ángulos β i y β d que caracterizan los dos lados, se tiene que:

$$\text{sen } \beta^i = \frac{CD}{AC}; \quad \text{sen } \beta^d = \frac{CD}{CB}$$

de suerte que la relación anterior pueda formularse de este modo:

$$\frac{F_i}{F_d} = \frac{\text{sen } \beta^i}{\text{sen } \beta^d}$$

Expresado en palabras significa que la fuerza de gravedad que actúa sobre un objeto situado en un plano inclinado en la dirección de este plano es directamente proporcional al seno del ángulo de inclinación.

La carencia de buenos docentes; es decir, de profesores que conozcan bien lo que tienen que explicar y que tengan las dotes pedagógicas y los recursos didácticos adecuados para transmitirlo eficazmente, es tal vez el mayor problema con que se enfrentan los sistemas educativos de todos los países y, en especial, los más avanzados. Y lo peor es que conseguir buenos profesores no es sólo, ni principalmente, una cuestión de dinero sino de tiempo, pues como dice un proverbio chino: "Si quieres tener rendimiento dentro de un año, planta arroz; si lo quieres dentro de diez años, planta árboles; y si lo quieres dentro de cien años, planta hombres".

El hecho es que los seres humanos que comienzan sus vidas como "aprendices" ansiosos y competentes, que todo lo preguntan, al cabo del tiempo, que generalmente coincide con el paso por la escuela, se tornan renuentes respecto al aprendizaje, al punto de que llegan a tener un verdadero temor a aprender y preguntar. Sin embargo, el que los humanos son capaces de aprender mucho es algo tan obvio que no merece la pena documentarlo. Las razones de este cambio

tan indeseable son relativamente fáciles de determinar pues a una enseñanza anticuada y absolutamente dissociada de la realidad, los profesores enseñan lo que saben y no lo que debieran saber, se une un modelo de aprendizaje coercitivo y antinatural.

Como ya se ha dicho, y se ve en los niños, los humanos son constructores activos de sus propias estructuras intelectuales. El factor crítico es la pobreza relativa de la "cultura" en el aula tradicional de aquellos materiales que formarían los conceptos sencillos y concretos. Existe, como señala Kay [1991] un enfoque pedagógico equivocado que afirma que los humanos, animales a la postre, sólo pueden desenvolverse con los ladrillos mentales de la naturaleza, o maneras innatas de pensar, a la hora de conformar su mente. Nada más lejos de la realidad pues cada uno ha de levantar su propia versión de la realidad a la fuerza para literalmente, hacerse a sí mismo. Y se es capaz de idear nuevos ladrillos mentales, nuevas maneras de pensar que amplíen el cupo de los saberes de los humanos. Estos ladrillos que se desarrollan se convierten en nuevas formas de pensar.

Una anécdota real ilustra este punto muy gráficamente. En 1980, salió elegida como Miss Universo Irene Sanz, una hispana de nacionalidad venezolana que, además de ser una belleza exquisita, tenía una cultura más que aceptable y es, como indica Lorenz [1973] del tipo de mujer con la que se quería casar en el antiguo cuento judío, decente. En suma, un auténtico mirlo blanco. Por esas fechas, uno de los autores se encontraba en Caracas, Venezuela, en una terraza en una zona comercial sita en la calle Sábana Grande, cuando de repente se forma un batiburrillo increíble. La razón es que de un edificio de esa calle salía la citada Miss Universo. En ese momento, de uno de los bares de la zona, hizo su aparición en escena un borrachito que, desde lejos, atisbó a la Miss, y se quedó petrificado, con los ojos en blanco, ante tanta belleza y clase. El autor que vivió esa historia, aficionado como es a la etología, no podía dejar de observar de cerca lo que iba a suceder cuando la Miss y acompañantes llegaran a la altura del borrachito. Lo que ocurrió fue que, a medida que se iba acercando la Miss a la "estatua", ésta, la "estatua", hizo esfuerzos sobrehumanos para salir de su éxtasis y consiguió dirigirle el piropo más elegante jamás oído: ¡Señor, no te pido que me des, ponme donde haya!. Exactamente esto es lo que hay que hacer con los alumnos, más que darles los conocimientos mascados, hay que ponerlos en entornos ricos en conocimientos, y que sean ellos mismos quienes los asimilen. Puesto que, en definitiva, la mayéutica de Sócrates funciona.

En otros casos, la cultura, como forma de ser e interpretar el mundo, puede proporcionar los materiales pero bloquear su utilización. De este modo, las estructuras más sólidas que se vayan levantando con los nuevos ladrillos podrían exigir un esfuerzo notable. Las ciencias, la filosofía y la música, son botones de muestra de distintos sistemas de pensamiento que deben construirse capa a capa y cementarse. De este modo, los humanos predispuestos por la biología a vivir en la barbarie de un pasado ancestral, sólo con tesón y uso de representaciones inventadas por él, podrán manejarse en el presente y otear el futuro.

El caso es que el aula tradicional parece afectada tanto por la escasez de materiales como por el bloqueo. Anclada en el pasado, es un ambiente artificial e ineficiente que la sociedad se ha visto obligada a inventar, porque los ambientes informales fallaron en ciertos dominios esenciales de aprendizaje. Por decirlo con palabras de Papert [1982]: "Es como si se impartiese una clase de baile sin pista ni música". O peor aún, pues, como indica el Nobel Gell-Mann [Kay 1991], la enseñanza en el siglo XX viene a ser como llevarle a uno al mejor restaurante del mundo para obligarle luego a comer el menú del día. Dicho en directo: las representaciones de las ideas han sustituido a las ideas. A corto plazo, todas las representaciones que han ideado los humanos se hallarán al alcance de cualquiera gracias a las computadoras. La cuestión estriba en saber sí, o no, los seres humanos estarán preparados para pasar del menú a la carta o si ni siquiera sabrán apreciar la diferencia entre ambos. O, lo que es todavía peor, ¿se habrá perdido la capacidad de leer el menú y darse por satisfechos con saber que existe?.

Esto lleva a preguntarse ¿cómo se puede reformar el sistema educativo? Un cambio es fijarse en cómo aprende la gente, cómo funcionan ahora mismo las escuelas, y ver si hay alguna confluencia. En las escuelas de hoy los estudiantes leen un montón, reciben lecciones y de vez en cuando ven alguna película. Luego hacen problemas interminables, y después un examen tipo test de cien preguntas. El mensaje es: "Memoriza todo esto. Te vamos a enseñar a memorizar te pondremos ejercicios para que practiques y después te examinaremos".

Imagínese que se aplicara este método para enseñar a un grupo de alumnos a apreciar la cocina y el vino. Se les haría leer sobre cocina y vinos, se les haría ver películas sobre cocina y vinos, se les haría resolver problemas de nutrición y enología, se les diría cómo se decanta una botella, cuál es el color óptimo de un Burdeos, etc. Y después se les haría un examen.

¿Se puede aprender a apreciar la cocina y el vino de esta forma? ¿Se puede aprender algo sobre cocina y vinos? La respuesta es que no. Porque para saber de cocina y vinos lo que hay que hacer es cocinar, comer y beber. Memorizar todas las recetas, o discutir los principios de la cocina, no sirve para nada si uno no come y bebe. De hecho, la cosa funciona al revés. Si los alumnos comen y beben frecuente y variadamente, se puede conseguir que se interesen por estos temas. De otra manera no se puede hacer nada.

Todo lo que se enseña en las escuelas está orientado a hacer exámenes, en vez de tomar nota de lo que es obvio: que la gente aprenda haciendo lo que quiere hacer. Cuanto más hacen algo, más se interesan por hacerlo mejor, siempre y cuando exista un interés inicial. No se puede enseñar a conducir a un joven dándole un manual de circulación. Si se quiere aprender a conducir hay que ponerlo en práctica. En la mayoría de escuelas se hace de todo menos dejar que los niños aprendan de la vida. Si quieren saber lo que pasa en el mundo real tiene que introducirse en él, encontrar la motivación para aprender. De los errores surgen las preguntas, y de las preguntas las respuestas.

Lo que consciente o inconscientemente de verdad se hace en las escuelas de enseñanza media o los colegios es antiaprendizaje. Los planes de estudio no deberían existir. Lo que los niños deberían hacer es guiarse por sus propios intereses, con un consejo educativo que responda a sus preguntas y les oriente hacia los temas que se deriven de ese

interés inicial. Se parta de donde se parta, se puede llegar a cualquier lugar de forma natural. El problema es que en las escuelas todo le mundo tiene que ceñirse a un plan: hay que aprender esto tal día y aquello tal otro día. La escuela, eso sí, es una maravillosa guardería. Permite que los padres se vayan a trabajar sin temor de que los niños se "maten" unos a otros. El aprendizaje tiene lugar, de hecho, fuera de la escuela, no dentro y los niños que quieren saber algo tienen que descubrirlo por sí mismos, a base de preguntar, buscar fuentes de información y descartar por irrelevante lo aprendido en la escuela.

4.4. MAL USO DE LOS MEDIOS

El problema de la gestión de calidad no es como muy bien lo señaló Crosby 1979, que la gente no sepa acerca de ello. El problema es que piensan que saben... A este respecto, la calidad tiene mucho en común con el sexo. Todo el mundo está por la labor. (Bajo ciertas condiciones naturalmente) Todo el mundo siente que entiende de ello. (Incluso aunque no quisieran explicarlo). Todo el mundo piensa que la ejecución es sólo un asunto de seguir las inclinaciones naturales. (Después de todo, siempre se desarrolla de alguna manera). Y, naturalmente, la mayoría de la gente siente que los problemas en estas áreas son causados por los demás. (Sólo debería tomar un tiempo el hacer las cosas correctamente)".

Los usuarios de los medios deberían saber que la técnica obliga con frecuencia a elegir entre calidad y conveniencia. De lo que se desprende que el primer objetivo en la vida y en la escuela se centra ahora en la identificación, no en el disfrute estético. La identificación se ha convertido en la meta preeminente a alcanzar por el alumnado. Cuando la conveniencia se valora por encima de la calidad, se va de cabeza hacia una enseñanza sin fuste. Ni más ni menos que lo que ocurre con las burdas imitaciones tomadas por objetos reales. El saber superficial. No es grave que los medios de difusión transmitan bazofia, pues siempre se hallan expuestos a ello; lo que hay que garantizar es que los medios incapaces de transmitir cuestiones intelectuales serias, por ejemplo la televisión, no desplacen a los que sí pueden hacerlo.

Entonces, ¿Cómo deberían utilizarse los medios que la tecnología actual pone a disposición de docentes y discentes en clase? Parte de la respuesta reside en conocer las deficiencias de los medios existentes. Lo que se cuenta en los libros, televisiones y computadoras no es lo que está delante de los alumnos, sino lo que entra en sus cabezas y por qué se quiere aprenderlo. Ahora bien, como anotó el filósofo de la comunicación McLuhan, buena parte de lo que entra en las cabezas humanas es la forma: "Los hombres se convierten en lo que contemplan". La forma del portador de información no carece de interés; al mismo tiempo, dicta la clase de información aportada e influye en los procesos de pensamiento. Esta característica vale para todos los medios de comunicación, no sólo para los modernos de alta tecnología.

4.5. INERCIA CULTURAL: EFECTO QWERTY

El filósofo alemán Fichte dijo que "el mal radical, el mal absoluto es la inercia", por lo que implica de no adaptabilidad y anulación de la creatividad. Whitehead, decía que uno de los grandes retos de la educación consiste en la eliminación de las ideas inertes; es decir, aquellas ideas que si en algún tiempo han sido activas para la resolución de problemas importantes, y han adquirido un lugar adecuado en el sistema educativo, actualmente han perdido su efectividad por haber sido ya superadas convirtiéndose en un lastre perjudicial para la educación actual. En este sentido, cada generación debería preguntarse seriamente sobre la oportunidad o superfluidad de las diferentes actividades, así como procedimientos, contenidos, modos e ideas de la enseñanza actual. Sin embargo, cualquier transformación de las estructuras y métodos educativos tropieza ante todo con el gran obstáculo de la inercia inherente, y hasta cierto punto integrada por su misma naturaleza en el propio sistema educativo.

El efecto Qwerty, es un ejemplo paradigmático de la inercia cultural al cambio. El ya citado Papert [1982] lo trató en detalle. Las seis letras QWERTY y en ese orden, ocupan los teclados estándar de las computadoras modernas. Se trata de un orden perverso que dificulta el acto de escritura. ¿Por qué está vigente entonces? Porque... es el que se escogió para las máquinas de escribir hace cien años. Se hizo con la idea de estorbar los movimientos de los dedos e impedir así que se encaballaran los macillos de la máquina. La tecnología ha convertido el arbitrio en algo por entero dispensable, pero los mecanógrafos estaban hechos a que la E sucediera a la W y la T a la R, y en esas se sigue ahora. El caso ha sido elevado por algunos economistas de Stanford -Kruger, Paul David- a la categoría de un principio. Hay cosas que se hacen porque se hicieron antes, y nada más No hay detrás una lógica, un proyecto, ni un propósito inteligente.

Lo mismo sucede con los pasos atrás que daban los soldados de artillería después de cargar el cañón y antes del disparo. En efecto, hace muchos años, el ejército de los EE.UU quería conseguir cadencias más rápidas de disparar de cañón, por lo que contrataron a un asesor para que estudiara el problema. El hombre fue al campo de tiro y observó que los soldados se alejaban del cañón y esperaban invariablemente tres segundos antes de dispararlo. Cuando preguntó ¿por qué?, le respondieron que seguían las instrucciones del manual del ejército. El asesor leyó todas las ediciones anteriores hasta que llegó a la época de la guerra de secesión, en la que se instruía a los soldados para que se alejaran del cañón antes de disparar, con el fin de sujetar la cabeza de los caballos que lo transportaban, ya que de otra forma el animal corcoveaba y sacudía el cañón, que fallaba el blanco

Esta inercia cultural hace que no se enseñe lo que se debe sino lo tradicional aunque esté ya obsoleto. Lord Balfour tenía razón cuando afirmaba: "Vale más hacer una cosa absurda que se ha hecho siempre, que una cosa sabia que no se ha hecho nunca". El hecho es que se siguen enseñando cosas relacionadas con lo que tradicionalmente se conocía como sentido común. Aunque realmente, como lo indicó Einstein [Bell, 1952], el sentido común no es más que un depósito de prejuicios establecidos en la mente antes de cumplir dieciocho años. Sin embargo, conviene caer en la cuenta de que muchos sistemas de pensamiento, sobre todo de corte científico, están en abierta contradicción con lo que habitualmente se conoce como sentido común. Más aún son un auténtico "contrasentido". La realidad es que se está en un mundo, como es el campo de la física de partículas, la mecánica cuántica o la relatividad, en el que fallan la mayoría de las funciones cognoscitivas humanas, y en el que no cabe usar las categorías del entendimiento, de la causalidad y la substancialidad. Ni siquiera son aplicables las formas intuitivas de espacio y tiempo. Esto es tan así que

actualmente y como lo señaló el premio Nobel de Física Pierre-Gilles de Gennes [1986], "la correcta comprensión del mundo exige una inversión". De esfuerzo, hay que añadir.

4.6. REDUCCIONISMO EN LOS CONOCIMIENTOS QUE SE PRESENTAN

En los sistemas de enseñanza actuales se enseñan únicamente datos o proposiciones y habilidades o procedimientos; es decir, dos únicos modos de conocer. Esto es así porque tanto los datos y proposiciones como las habilidades y procedimientos son fáciles de administrar a dosis controladas y, al tiempo, son fáciles de evaluar y medir. Es a lo que el premio Nobel Lorenz [1974] denominó saber "ideográfico", como descripción de sucesos individuales ocurridos en el pasado, cuando lo que debe enseñarse es un saber "nomotético", esto es, formulador de leyes o relaciones dentro de la estructura conceptual de una teoría. Es decir, que si bien los datos y procedimientos relevantes hay que enseñarlos, también hay que poner al alcance del discente otras muchas clases de conocimientos, que no pueden reducirse a la dicotomía actual del "saber qué" y, o, "saber cómo". Preparar a los alumnos actuales en: la captación de ideas relevantes a partir de un cúmulo de información, o sea capacidad de síntesis, exploración de áreas de conocimiento dotándoles de la capacidad de "serendipidad", el establecimiento y contraste de conjeturas, esto es, creatividad, son condiciones necesarias para prepararlos para el futuro. La necesidad de emplear estas formas de encarar el mundo y los acontecimientos que en él tienen lugar, se debe a la pluralidad de la mente, tejida de retazos de diferentes mentalidades. Sin embargo, las habilidades y los datos concretos son fáciles de administrar a dosis controladas y, al tiempo, fáciles de medir. Esta es la razón por la que en las aulas se enfatiza este tipo de aprendizaje.

Todo lo que no sea esto es dar la razón a uno de los más famosos científicos de la computación Dijkstra [1989] cuando dijo: "La forma habitual en la que planificamos hoy para mañana es el lenguaje de ayer".

De hecho, un conjunto de razones y accidentes históricos, del que tal vez el hecho de que Aristóteles consideraba a los hombres como seres racionales por el hecho de que sabían sumar, fuera el más importante, determinaron la selección de ciertos temas matemáticos como el bagaje matemático que deberían portar los ciudadanos. Entre estas razones hay algunas de carácter pragmático, como es la necesidad social en la época precomputacional de realizar operaciones con rapidez y exactitud. Otras eran de carácter "matético": La matemática es el conjunto de principios orientadores que rigen el aprendizaje. La tecnología del papel y el lápiz. La función de retroalimentación que se ejerce por el maestro cuando corrigen sumas, del mismo modo que se aprende una lengua muerta, etc. Es decir, incluso en temas que, por su contenido, no deberían presentarse de forma memorística, por circunstancias las más de las veces evitables, se presentan de tal modo que son una muestra más de la formación memorística.

5. PEQUEÑOS REMEDIOS

5.1. USO DE LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA

Decía William James [James]: "Las Novedades empiezan por ser rechazadas como absurdas; en una segunda etapa, se dice de ellas que son ciertas incluso evidentes y triviales aunque innecesarias e insignificantes; hasta que un tercer estadio cuando se las considera importantes, lleva a sus detractores a asegurar que fueron ellos quienes las descubrieron". O si se quiere en la versión anterior siglo XIX de Agassiz [Mackay, 1992]: "La verdad de científicos pasa por tres etapas: Primero, se dice que va contra la Biblia; después, se afirma que ya estaba descubierta; por último, se reconoce que siempre se había creído en ella. Como se verá posteriormente, los autores proponen un modelo de enseñanza; que pasó por las fases que indicaron Agassiz James, y que tiene en cuenta las causas señaladas para, evitándolas, alcanzar un sistema de enseñanza que, aunque no sea óptimo, al menos tenga el carácter de satisfactorio. En este sentido, el sistema tiene que tener las características siguientes:

Para muchos, la revolución provocada por la aparición de las computadoras es incluso superior a la efectuada por la aparición de los signos de escritura en tiempos de los sumerios. Las posibilidades tecnológicas que el buen uso de las computadoras permiten en la instrucción harán avanzar a la humanidad, produciéndose un salto cualitativo comparable a la propia humanización. No sólo por el impacto que su uso provoca en las demás actividades humanas, a las que, de una forma u otra, subyace, sino porque abre una nueva perspectiva al originar el nacimiento de lo que el premio Nóbel Simon [1979] denomina Ciencias de lo Artificial. Pues la computadora permite examinar la estructura de un mundo hecho por el hombre, simulado dentro de una máquina. Para Simon, la capacidad humana de comprender es limitada, "qué consume información es obvio pero también, consume la atención de quienes la reciben. Por eso, la avalancha de aquella empobrece la atención y crea la necesidad de que ésta se distribuya con eficacia entre la sobreabundancia de fuentes de datos que podrían agotarla. La técnica de producción y distribución de información se torna estéril si no hay forma de situar, filtrar, organizar y resumir los datos". Como lo señaló el futurista Nossbitt "estamos inmersos en un océano de información y ayunos de conocimientos".

El hecho es de que se está, como se ha dicho, en un mundo de absoluto dinamismo y por la velocidad con que se producen los hallazgos y por el vertiginoso crecimiento de los conocimientos, es absolutamente imprescindible que los hombres se mantengan continuamente estudiando y aprendiendo para estar al día; de lo contrario, se vuelven anacrónicos y obsoletos. Por dar una idea de la abundancia y crecimiento de los conocimientos Hamming, el famoso creador del conocido código que lleva su nombre, afirma que desde los tiempos de Newton, siglos XVII y XVIII, los conocimientos se han ido duplicando cada diecisiete años. En un mundo en el que el número de conocimientos crece exponencialmente, y donde cada vez hay más que aprender, y tantas horas que sacrificar para la penosa adquisición de un pequeño saber complementario, todo será poco si se puede conseguir un medio que mejore la eficiencia de la instrucción.

Para dar un indicativo de la cantidad de conocimientos necesarios para desarrollar adecuadamente una profesión, tómesese como ejemplo el caso de la medicina, en donde la explosión de la información médica está produciendo un

verdadero caos. Así, si en 1900 se conocían 3.000 enfermedades y doce mil voces médicas, hoy estas cantidades aparecen incrementadas en un orden de magnitud, es decir, hay que multiplicarlas por diez. La farmacopea, que tiene actualmente más de diez mil especialidades, aumenta en cada año en más de 250 nuevos productos. La National Library of Medicine de Washington registró entre 1.966 y 1.978 alrededor de 2,7 millones de referencias. Estimándose que para ejercer correctamente la práctica médica se necesita conocer unos doscientos mil hechos. Decir que los hombres, por sí mismos, son incapaces de retener todo este cúmulo de datos, informaciones y conocimientos y usarlos de forma correcta, al menos en un tanto por ciento muy elevado, es una obviedad, que excusa consideraciones ulteriores.

Lo cierto es que una vida humana es bien corta, y más todavía el período educativo convencional, que en los países más desarrollados no representa más que el 15 al 20 por 100 de esa vida, para intentar conseguir los conocimientos adecuados para ejercer óptimamente una profesión y, sobre todos, mantenerse actualizado. Todo ello a pesar de que la actual expectativa de vida es muy superior a la de hace unos años y de que, al menos en las sociedades avanzadas, cada vez el hombre tiene más tiempo libre que le puede permitir paliar los efectos de esa avalancha de conocimientos, haciendo uso de las facultades que proporciona la computadora.

En un contexto como el actual de cambio tecnológico continuado, inmerso en fuertes restricciones económicas, es más que nunca obligado la aplicación óptima de todos los recursos humanos y materiales, con la finalidad de incrementar y proteger, con pragmatismo, la calidad de la enseñanza. Como dijo J. Marías, "en tiempos difíciles, lo único aconsejable es hacer bien las cosas". Hoy hacer bien las cosas es, de acuerdo con el Departamento Internacional de Educación de la UNESCO (BIE), el cual en su XXXV Sesión de la Conferencia Internacional de la Educación, tener en cuenta las dos tendencias generales siguientes: La primera, que establece un retroceso de la función de transmisión del saber, en beneficio de la organización del aprendizaje de los alumnos, para lo cual es necesario desarrollar, dotándole de los medios adecuados, la capacidad autodidacta de los mismos. La segunda, estriba en incrementar la utilización de la tecnología educativa moderna. Este trabajo incide en esa segunda tendencia aportando una forma de realizar esta mejora del uso de la tecnología actual, que ayudará a realizar la primera.

Sin una nueva forma de enseñanza sobre contenidos menores pero más generales, mejor seleccionados, menos descriptivos, y más duraderos, el discente de hoy y profesional de mañana no van a ser capaces no ya de aplicar, sino ni siquiera de comprender los nuevos conocimientos que las técnicas están poniendo a su alcance. Y es que se fuerza a tantos a aprender tan mal tantas cosas, durante tanto tiempo que van a aplicar tan poco, que es un verdadero milagro que las cosas no estén peor de lo que están. Y, además es un despilfarro de tiempo, energía y dinero que fatiga inútilmente a los alumnos, restándoles tiempo para una labor productiva, creativa y grata. Las palabras de Einstein son en este punto esclarecedoras: "Como consecuencia de un breve período que debí permanecer en la escuela preparando un examen de título me sentí imposibilitado de hacer trabajo alguno creativo durante varios años". Esta nueva forma de enseñanza tiene que basarse un período de formación intensa, pero relativamente corto, y un entrenamiento extenso y continuado.

Como ya ha quedado dicho, la pedagogía ha avanzado notablemente, empezando a tener una base al tiempo científica y filosófica, apoyándose en sus exigencias y en sus técnicas para resolver los problemas cognoscitivos, de ayudar a comprender, afectivos, de convivencia y comunicación con los alumnos, y didácticos, al aplicar la tecnología educativa.

Esta tecnología, formada por medios y métodos, fuerza, si se utiliza racionalmente, a que la información se haga formación y, en definitiva, conocimientos. El uso racional de los medios didácticos tiene que tener como objetivos básicos: resaltar, clarificar, ahorrar tiempo, generar, mantener, incrementar y motivar la atención y vivificar los hechos. Por otra parte, todo método realmente pedagógico tiene que tender a que el alumno adquiera metodología, desarrolle su espíritu y de iniciativa, forme su capacidad de síntesis y análisis, consiga carácter imaginativo y decisorio y alcance capacidad para comunicarse y trabajar en grupo. Esto es, sea autodidacta y creativo.

A nadie se le oculta la dificultad de alcanzar estos objetivos, pero sin ellos no hay rumbo, y navegar sin él en un proceloso océano de conocimientos cada día más numerosos, profundos y variados es ir a la deriva. En definitiva, el rumbo lo fija la finalidad de la educación actual, que debe consistir en proporcionar capacidad de autoformación, de aprender cómo se aprende y de innovación y creatividad; en la plano intelectual, dando una formación metodológica; es decir, una formación de los métodos de aprendizaje o de investigación, y en el plano caracterológico, desarrollando la motivación para un constante enriquecimiento personal.

A lo que se puede añadir que justamente el uso de estas nuevas tecnologías mejorará el autodidactismo. Dentro de estas nuevas tecnologías, es tal vez la RV la que se muestra más prometedora.

5.2. REALIDAD VIRTUAL

De la unión de la capacidad de simulación e interactividad de las computadoras surgió lo que se ha dado en llamar "Realidad Virtual" o, alternativamente, "Realidad Artificial". Es ésta, una nueva forma de interrelación entre la computadora y los seres humanos, en la cuál desaparecerán el teclado e incluso la pantalla como elementos básicos para ser sustituidos por elementos de comunicación más directa tales como: gafas especiales, aparatos sonoros conectados al oído, sensores conectados a las manos y otras partes del cuerpo o aparatos copiadore de los movimientos corporales. Con ellos el hombre podrá literalmente introducirse en un espacio virtual creado en el interior de la computadora, en donde surge un mundo sugerente en el que aparecen miles de posibilidades algunas tales como: viajar en el tiempo, sentir todo tipo de experiencias apasionantes, volar, etc., de carácter puramente exploratorio, otras como: la televirtualidad, o lo que aquí más interesa, la educación directa y el uso de simuladores para la adquisición de experiencias, de carácter más práctico.

Esta aplicación de la tecnología informática para producir entornos informáticos tridimensionales que dan la impresión de

"rodear" al usuario o participante, es un mundo diferente en el que los datos, las noticias y los conocimientos; esto es, la información, incorporados en la computadora, a menudo modelos de cosas del mundo real, reproducen formas, sonidos y sensaciones táctiles familiares. Mientras el participante se mueve por el mundo virtual, va cambiando la relación de las cosas que hay en él, modificando los datos, las noticias y, eventualmente, los conocimientos que hay en la computadora, para reflejar esa evolución. El mundo virtual es, por consiguiente, un mundo inclusivo e interactivo que, en su forma ideal, será tan convincentemente real como el mundo real exterior.

La tecnología del "mundo virtual" hace que el uso de la computadora sea sorprendentemente fácil. Incluso sin experiencia previa, cualquiera puede ponerse unos "adminículos" tales como gafas y, o, auriculares y moverse por ese mundo con gran habilidad. Con sólo unas cuantas clases, puede manejar instrumentos virtuales y trabajar en el mundo virtual sólo o acompañado por otras que hayan entrado en el mismo espacio.

Sin embargo, lo más importante de esta tecnología del mundo virtual es que puede ayudar a los seres humanos a redescubrir su profundo sentido de la virtualidad, un sentido que el aula tradicional coaligada con los medios de comunicación convencionales han eliminado casi por completo. De hecho, el hombre nace con la virtualidad, un metasentido que sintetiza los cinco sentidos físicos y la experiencia acumulada en el tiempo, que evolucionó como un mecanismo de protección, una síntesis de los factores sensoriales que permitió desde la más antigüedad situar a los seres humanos en el tiempo y en el espacio.

Además, el mundo virtual ofrece otra idea de la comunicación. En lugar de forzar a las personas a que aprendan nuevos y peculiares métodos para recibir información, los mundos virtuales conectan con la persona directamente en su yo virtual, "donde vive". El mundo virtual aprovecha y juega con el sentido de la virtualidad del ser humano y le invita a relacionarse de manera más profunda con la información y los conocimientos, de hecho lo invita a participar en su diseño progresivo. De esta forma, los mundos virtuales darán a conocer procesos que pueden parecer invisibles, por distantes en el tiempo y, o, el espacio, o por demasiado grandes, demasiado pequeños para los sentidos físicos humanos, desde las galaxias a las partículas subatómicas y todo el tiempo avanzará o retrocederá de forma poco habitual, y se podrá escoger entre cualquier tiempo pasado, presente, futuro, real o fantástico.

De hecho, todo lo que se puede crear usando la computadora y la imaginación puede ser recreado por los mundos virtuales, lo que sin duda potenciará, a extremos hasta ahora desconocidos, la creatividad humana, haciendo realidad la suposición de algunos, entre los que se encuentran los autores, de que la creatividad es un bien escaso, pero aún es más escaso porque, como se verá más adelante, no se preparó a los seres humanos para desarrollarla.

5.3 IDEAS PODEROSAS

La enseñanza del futuro estará en buena medida relacionada con la cuestión de la complejidad. Por un lado, los humanos se esfuerzan por simplificar lo complicado: fruto de ese empeño son, como dice Kay [1991], las categorías en el lenguaje y las teorías universales en la ciencia. Por otro, no se ha de olvidar que muchas situaciones de apariencia sencilla encierran real complejidad. Además, importa abordar cada situación en su contexto más amplio; quemar zonas de pluriselva puede ser la manera directa de obtener tierra arable pero las consecuencias ambientales aseguran que no es la mejor solución.

Hasta ahora, los contextos que delimitan y dan significado a los conocimientos actuales han sido todo menos oscuros. Sacarlos a la luz, discutir su naturaleza y reformarlos o crearlos son poderosas aspiraciones que sintonizan con las apremiantes necesidades y acelerados cambios del mundo actual. Toda aula o foro de estudio que merezca tal nombre debe tener su punto de conflictividad y perturbación, que busque los contrastes más que los absolutos, prime la calidad sobre la cantidad y acepte sin medias tintas la experiencia de tenacidad y esfuerzo. No parece excesivo decir que estos requisitos están reñidos con los valores dominantes de la juventud actual.

La única forma de superar la situación actual es enseñando lo que Papert denominó, muy acertadamente, "ideas poderosas" que, por paradigmáticas y consolidadas, no están sometidas a los vaivenes de las modas y, por supuesto, resisten toda obsolescencia. Entre estas ideas poderosas caben destacar: Los morfismos y dentro de estos, los homomorfismos, cuyo ejemplo más conspicuo es la analogía, no sólo en matemáticas, sino sobre todo en la vida real, usando ejemplos tales como la caja negra, etc. Las "ducciones", que engloban todos los métodos de inferencia conocidos hasta ahora, y que, en forma de: deducciones, inducciones y abducciones, se aplican en todas las ramas de la lógica, las matemáticas y las ciencias de la naturaleza. La "recursión" como forma de descomponer un problema en subproblemas más sencillos, haciendo utilizable por doquier la máxima del emperador romano Julio César del "Divide et Impera". Finalmente, proporcionando principios generales y simples que aunque no son muy abundantes, tampoco son insólitos. Como para muestra basta un botón, ahí va uno, sacado de la Física, que es muy poco utilizado: "La energía no puede manifestarse en la naturaleza más que bajo la forma de un par energético, verbigracia: (fuerza, velocidad), (tensión, corriente), (campo eléctrico, campo magnético), (temperatura, entropía)". Construir la enseñanza de la física (que es una de las más delicadas que puedan darse por la dificultad que encuentra el alumno en apreciar la conexión entre los distintos aspectos de la disciplina permaneciendo en constante duda en lo referente a cómo desarrollar su línea de pensamiento), a partir de ese sencillo principio hace que nociones complicadas como: la inercia, impedancia, estabilidad, equilibrio, etc., se hagan sensiblemente más claras.

5.4. PUNTOS DE VISTA

Yacoz [1996] premiado con la medalla Fields, equivalente al Premio Nobel para matemáticos, afirmaba que "la repetición es imperativa en la enseñanza, pero no repeticiones idénticas. En ello consiste el arte del docente: saber presentar muchas veces una misma noción desde distintos ángulos". O dar distintas soluciones para un mismo problema planteado. La historia del barómetro (Calandra, 1975) es significativa de lo que se acaba de decir.

Hace algún tiempo se llamó a un "profesor árbitro" para que mediara en la calificación de una pregunta de examen, entre un alumno y su profesor: El profesor quería ponerle un cero a su alumno y éste sostenía que merecía un diez, y que si no se lo daban era debido a que el sistema de enseñanza estaba diseñado para perjudicar a los alumnos. Así las cosas, lo primero que hizo el mediador fue leer el examen. La pregunta decía: "Demuestra cómo se determina la altura de un edificio mediante el empleo de un barómetro". La respuesta del estudiante fue la siguiente: "Se toma el barómetro y se le lleva hasta la terraza del edificio, luego se le ata un cordel y se le hace descender hasta la calle. A continuación se sube y se mide el largo del cordel; esta longitud corresponde a la altura del edificio".

La respuesta era realmente interesante; en consecuencia el alumno tenía razón al solicitar un diez, puesto que su contestación había sido completa y correcta. Sin embargo, como el examen era de Física, una buena nota en esta materia debe implicar unos buenos conocimientos de esta ciencia, lo que obviamente no confirmaba la respuesta del alumno. Teniendo esto en cuenta, se propuso dar una nueva oportunidad al alumno para que contestara a la pregunta propuesta, con la advertencia de que la respuesta debía reflejar que él poseía conocimientos físicos del problema.

Después de transcurrir varios minutos, el estudiante no había escrito ni una letra, al preguntarle si se daba por vencido, dijo que de ninguna manera, y aclaró que si aún no había empezado a escribir era porque tenía muchas respuestas y estaba decidiendo cuál era la mejor. Después de un cierto tiempo se puso a escribir, y entregó la nueva respuesta, que decía:

Se lleva el barómetro hasta la terraza del edificio y se lo deja caer, tomando el tiempo que demora en escucharse el ruido del golpe en la calle. Luego, usando las fórmulas

$$h = gt_1$$

$$h = vt_2$$

donde v es la velocidad del sonido, 360 m/s, y g la aceleración de la gravedad, 9,8 m/s², y siendo: $t = t_1 + t_2$ el tiempo medido, se calcula trivialmente la altura del edificio.

Esa respuesta, de acuerdo con su profesor, le supuso nueve de calificación. Pero, recordando que el alumno había manifestado que tenía muchas soluciones al problema, se le preguntó cuáles eran esas otras respuestas, a lo que contestó:

Por ejemplo, se puede tomar el barómetro un día soleado, ponerlo vertical y medir la sombra del barómetro y del edificio. A continuación, mediante una simple proporción, al saber la altura del barómetro, se calcula la del edificio.

Otra sería tomar el barómetro y subir las escaleras del edificio. A medida que uno asciende, se va marcando la longitud del barómetro en la pared, Una vez hecho esto, se cuenta el número de marcas y se obtiene la altura del edificio en unidades de barómetro. Lo que constituye una medición directa.

Claro que si se quiere un método más rebuscado, se puede atar el barómetro con el cordel, que tan poco gustó a mi profesor, y luego se le hace oscilar como péndulo, determinando el valor de la aceleración de la gravedad g a nivel de la calle y en la terraza del edificio. De la diferencia de los dos valores g se puede determinar la altura del edificio.

Si el barómetro fuera muy preciso se podría medir la presión atmosférica en la terraza del edificio y en la calle y por diferencia de presiones sería muy fácil calcular la altura del mismo.

Finalmente, el estudiante concluyó: Si la respuesta no se limita al campo de la Física, además de la ya dada en primer lugar, hay otras posibles, como sería el golpear con el barómetro la puerta del portero del edificio y decirle cuando salga: Estimado señor, aquí tengo un excelente barómetro que es para usted si me dice cuál es la altura de este edificio.

El presentar la información desde diferentes perspectivas es muy importante; pues, toda persona tiene varias formas de saber y, pensar acerca del mundo; entre ellas la de construir, ver y manipular símbolos. El ya citado Minsky, repite que nadie entiende nada si no lo entiende de varias maneras. Las computadoras se pueden programar de suerte tal que los "hechos" recuperados en una ventana de la pantalla provoquen la aparición inmediata, en halos envolventes, de argumentos a favor y en contra. Puede presentarse una idea en prosa, como imagen, vista por delante y por detrás, por dentro o por fuera. Se pueden concentrar en un mismo sitio conceptos importantes que procedan de fuentes diversas. Es decir, la computadora es un excelente instrumento para cumplimentar este apartado.

5.5. CREATIVIDAD

Actualmente, la educación debe estar basada en todo lo que de beneficioso proporciona la cultura humanista del pasado, pero debe afrontar el reto de un mundo futuro robotizado y automatizado de modo que cuestiones y procesos que, hasta hace poco, se consideraban privativos de los seres humanos progresivamente van siendo contestados y ejecutados por máquinas. En este sentido, una revolución apropiada en la educación implicará que ésta adiestre y prepare, a quienes la reciban, para desarrollar una labor creativa, de modo que puedan desarrollar trabajos que las máquinas no puedan realizar.

Una de las características, tal vez la más espectacular, de la naturaleza de la inteligencia es, con el uso de la analogía en

sus dos facetas de aprendizaje y razonamiento, la creatividad. La Humanidad no se ha mostrado muy pródiga en la generación de ideas creativas, si se tiene en cuenta el entorno que ha propiciado el que una idea, considerada como nueva, se implante.

Esta parece ser la razón principal por la que se valora tan altamente la creatividad. De hecho, y a pesar de importancia que tiene la creatividad de todos los órdenes de la vida de los seres humanos, sobre todo en lo que concierne al avance de la tecnología y de la ciencia, no es bien que abunde. Como dijo Kouznetsov (1967), "La historia de los descubrimientos científicos y técnicos enseña que la especie humana es pobre en pensamiento e ideas originales y en imaginación creadora. Incluso cuando las condiciones exteriores y científico-técnicas indispensables para el nacimiento de una idea se reúnen después de muchos esfuerzos y tiempo, en general es necesario que reciba el impulso desde fuera para que vea la luz del día, siendo preciso, por así decir, que el hombre tropiece con la cosa antes de que venga la idea". En efecto, la creatividad en el sentido de invención es sumamente rara, si es que ocurre alguna vez, ya que incluso es difícil reconocerla cuando acontece. Otra razón de la estima en que se tiene a la creatividad deriva de las ventajas que ofrece, habida cuenta de que una vez que algo nuevo y útil se enseña, practica o utiliza por los demás, la sociedad se beneficia de ello.

La creatividad se ha malentendido o, al menos, mal interpretado, cuando se formula en términos de búsqueda de soluciones fuera de contexto, colisión con resultados establecidos, etc. Estas modalidades no representan más que fórmulas parciales de estimular alguna habilidad relacionada con la creatividad, o que puede llevar al desarrollo de ella. Admitido el que los seres humanos están provistos de algún potencial creativo, se precisa alguna estimulación. En este sentido, la complejidad inherente al desarrollo de formas nuevas, exploración de lo desconocido, reorganización, etc., son facetas a considerar.

El proceso creativo no es una nueva yuxtaposición de lo que se tenía, ni tampoco una nueva deducción lógica a partir de elementos desconocidos; sino que, al menos de alguna manera, supone una intuición. Esta puede definirse como la presión que ejerce la verdad que encuentra en los hechos y datos de la experiencia lo que lo racional busca en la deducción. La intuición significa pues un salto, algo que tiene como base ciertos elementos pero que, en cualquier caso, es totalmente nuevo, ya que el proceso creativo supone, cuando menos, la percepción de una nueva relación, la asociación de ideas que de antemano no se sabía que iban juntas. Por eso, también se define el proceso creativo diciendo que se crea un nuevo conocimiento cuando dos o más elementos de conocimiento se unen por primera vez para formar una nueva idea, una hipótesis o una solución a un problema. Cuando más improbable e inesperada sea la nueva combinación, tanto más original o creativa es.

Hasta a los individuos más innovadores parece intrigarles la forma en que surgen sus propias ideas, como manifestaron Hadamard, Broglie y Bouer entre otros, en la IX Semana Internacional de la Sintaxis celebrado en París, en 1938 "Neuvième Semaine Internationale de Synthèse in L'Invention". Alcan. París. 1938.

Pero, ¿qué se entiende por creatividad? Esta puede definirse vagamente incluyendo, por ejemplo, la capacidad de encontrar una nueva ruta a una fuente de alimentación cuando una vieja está bloqueada. Naturalmente, la creatividad también puede significar encontrar una nueva manera de considerar algo que cambia de una forma significativa nuestra visión del mundo. Es decir, la creatividad en cualquier dominio, implica usar algo de una manera nueva e inesperada. Por ejemplo, un elemento de diseño en ingeniería puede implicar usar una parte de la estructura o material de una manera nueva. De modo similar, resolver un problema de forma creativa puede implicar usar, por analogía, una técnica de un campo para resolver un problema en otro. Los expertos humanos resuelven eventos inesperados utilizando enfoques imaginativos y nuevos en la resolución de problemas. Esto incluye realizar analogías con situaciones que pertenecen a dominios completamente diferentes al del problema actual. Por su parte, el entendimiento y la explicación creativa implican tomar un patrón o estructura de conocimiento y modificarlo para que se ajuste a acontecimientos distintos de aquellos para los que originalmente fue obtenida. En otras palabras, en un sentido intrascendente pero útil la creatividad puede significar usar algo conocido de un modo novedoso.

Sin embargo, en su forma más trascendente, como uno de los atributos de la inteligencia, la creatividad sería la capacidad de obtener conclusiones aceptables a partir de datos discordes o, mejor aún, de conectar experiencias que no son obviamente conectables. En esta forma, el comportamiento creativo podría, eventualmente, cambiar el mundo, al proporcionar a la gente un marco totalmente nuevo en el cual se entienden y dominan algún tipo de fenómenos, como sucedió con la fisión nuclear. Esto implica, por una parte, descubrimiento y, por otra, invención.

La creatividad, sea esto lo que fuere, aparece más asiduamente en el arte y las letras que en la ciencia y la tecnología. Esto es así, principalmente, por dos razones. La primera, es que cualquier artista compositor o literato tiene más grados de libertad en elegir las metas y componentes de su labor creativa. La segunda, estriba en que las restricciones que debe satisfacer un autor para realizar su obra con éxito, cada vez son más laxas y, por lo tanto, facilita la labor de estos creadores. Como dice el Nóbel MacFarlane Burnet (1973), "El cambio que ha sufrido el carácter de la pintura y escultura en los últimos cien años, con la casi total desviación de la representación fiel del objeto, parece ser, desde nuestro actual punto de vista, una simple aceleración del proceso por el que todo artista de importancia debe introducir alguna novedad, alguna particularidad en su trabajo, para que este siga gozando del favor de los mecenas. Es significativo que una vez que el artista ha desarrollado su estilo característico casi siempre continúa produciendo obras que, por su contenido y estilo, son fácilmente reconocibles como suyas ... La genialidad puede permitir a un artista moderno ir más allá de todo esto, y entonces un genio como Picasso inicia toda una serie de nuevos enfoques y llega a ser el número uno en todas ellas".

En consecuencia y como primer resultado, se pudo establecer que, aunque los humanos la usan, se desconoce prácticamente todo de cómo se generan y desarrollan los procesos creativos, en general, y de descubrimientos e invención en particular. Mucho más se desconoce de la creatividad por computadora.

Sin embargo, como lo indicó el premio Nobel de Física Binnig [1996], "Escuela y Universidad ... no familiarizan en absoluto con la creatividad, no la practicamos en absoluto ... Al contrario, en la mayoría de los casos, en la escuela y la Universidad sólo se dan los resultados ...". Previamente, ya había enfatizado que "En la Universidad, sentí vivamente que no se ahondaba lo suficiente en el tema de la creatividad. Se daba mayor importancia a la transmisión de información y de material, o sea, de conocimientos, mientras que la aplicación de ese material mediante el juego apenas desempeñaba ningún papel o se omitía totalmente". Más aún pues como lo señaló el propio Binnig, en los diccionarios alemanes de 1955 no existía la palabra creatividad.

Esto de enseñar a ser creativos les puede parecer a muchos imposible, por demasiado idealista. Los que sostienen que la creatividad es una propiedad rara que pocas personas poseen o pueden poseer, son demasiado pesimistas injustificadamente. Su argumento, es muy próximo al argumento marxista de la necesidad histórica "si las cosas son así es porque no pueden ser de otro modo". Sin embargo, este argumento ya desprestigiado en otros campos, no se justifica, en absoluto, en este dominio. En efecto, hubo un tiempo en el que saber leer era una posesión extraña que disfrutaba sólo una pequeña fracción de la población. Muy bien podría haberse supuesto que muy pocas personas tenían suficiente capacidad mental para adquirir una aptitud tan exigente como la de leer y escribir, de modo que esas "habilidades" nunca serían patrimonio de más de una cuantas personas poco comunes y, en consecuencia, la mayor parte de la gente estaría condenada para siempre a desempeñar un trabajo que, en otras condiciones, sería propio de animales. Sin embargo, en el siglo XIX, cuando la industrialización convirtió el saber leer en algo indispensable y se fundaron escuelas públicas gratuitas, muy pronto pudo verse que la gran mayoría de los humanos podía aprender a leer y escribir. Por lo tanto, en un mundo, en donde las máquinas deben llevar a cabo el trabajo que no debieran realizar los seres humanos, a buen seguro que, si se hace un buen uso de todos los recursos que las distintas tecnologías ponen a su alcance, se conseguirá el que la creatividad hogaño, como el saber leer y escribir antaño, sean en realidad patrimonio común de todos los cerebros humanos razonablemente normales.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bell, D.:	"The Social Framework of the Information Society". In "The Microelectronic Revolution". M.L. Dertouzos and J. Moses (Eds.). The MIT Press. Cambridge. Massachusets. 1979.
Bertalanffy von, L.:	"Robots, Hombres y Mentes". Ediciones Guadarrama. S.A. Madrid. 1974
Binnig, G.:	"Desde la Nada". Círculo de Lectores, S.A. Barcelona. 1996.
Calandra, A.:	"The Barometer's History". In, The Project Course, Reader 3. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York. 1975. PP45.
Carroll, L.:	"Through the Looking Glass and What Alice Found There". In, "The Complete Illustrated Works of Lewis Carroll". Chancellor Press, Michelin House. London. 1982. PP: 121-234.
Crosby, P.:	"Quality es Free". McGraw-Hill. Nueva York. 1979.
Dijkstra, E.W.:	"On the Cruelty of Really Teaching Computing Science". Comm. Of the ACM. Vol. 32, Nº12. December, 1989.
Drucker, P.F.:	"Post-Capitalist Society". Harper. Nueva York, 1993.
Gamow, G.:	"Biografía de la Física". Salvat, S.A. Barcelona, España. 1971.
Genes de, P.G.:	"La enseñanza de la Física". En, "¿Qué Debe Enseñarse en el Bachillerato?". Genes de P. G. Et al. Investigación y Ciencia, Nº239. Agosto, 1996. PP: 20-21
Harmon, P. and K. King.:	"Expert Systems". John Wiley & Sons. Inc. New York. 1985.
Kay, A.C.:	"Ordenadores, Redes y Enseñanza". Investigación y Ciencia. Noviembre, 1991, PP: 84-92.
Koutnetsov, B.:	"Einstein". Marabout, Gerard & Cº. Verviers, Belgique. 1997.
Lorenz, K.:	"Los Ocho Pecados Mortales de la Humanidad Civilizada". Plaza y Janés, S.A. Barcelona, España. 1973.
Lorenz, K.:	"La Otra Cara del Espejo". Plaza & Janés, S.A. Barcelona, España. 1974.
Macfarlane Burnett, F.:	"El Mamífero Dominante". Alianza Editorial, S.A. Madrid. 1973
Martínez, V.; Maté, J.L. y Pazos, J.:	"Knowledge Based Systems In Teleteaching" In "Remote Education and Informatics: Teleteaching". F. Lovis (De). North Holland Amsterdam. 1988. PP: 29-36.
Papert, S.:	"Desafío a la Mente: Computadoras y Educación". Galápagos. Buenos Aires, Argentina, 1982.
Parnes, S.J.:	"Creativity: Unlocking Human Potencial". Creative Education Foundation. Buffalo, New York. 1967.
Shakespeare, W.:	"The Illustrated Stratford Shakespeare". Chancellor Press, Michelin House. London. 1982.
Simon, H.A.:	"Las Ciencias de lo Artificial". A.T.E. Barcelona, España. 1979.
Wiener, W.:	"Dios y Golem, S.A." Siglo XXI Editores, S.A. México. 1967.
Yacoz, J-C.:	"La Enseñanza de las Matemáticas". En ¿Qué debe enseñarse en el bachillerato?. Genes, de. P-G. Et al. Investigación y Ciencia. Nº 239. Agosto, 1996. PP: 23-25