

# ESTRATEGIAS HEURÍSTICAS PARA ENRIQUECER LA EDUCACIÓN MEDIANTE EL USO DEL COMPUTADOR

Thomas DWYER\*

---

## INTRODUCCIÓN

Los recientes avances en tecnología, en especial los relacionados con las ideas de computación y la solución de problemas humanos, ofrecen un atractivo potencial como medios para llevar a la práctica una visión rica y bastante profunda de la educación. Sin embargo, muchos programas educativos apoyados con tecnología computacional evitan intencionalmente involucrarse en tales temas y prefieren, en cambio, aceptar las aguas seguras, aunque poco profundas, de la ejercitación y práctica, de la tutoría programada, de las evaluaciones con apoyo del computador, y de aplicaciones tradicionales para administración de estudiantes. Ha existido, sin lugar a dudas, una tendencia a asociar el uso de la tecnología computacional en educación con algunos de los aspectos más mecánicos de la instrucción.

El propósito de este trabajo es describir un punto de vista educativo - tanto filosófico como metodológico - basado en asumir que la complejidad inherente a la naturaleza humana debe ser el “hilo conductor” de las relaciones entre la tecnología y la educación, basado también en considerar que una tecnología sólida tiene poco valor sin una visión sólida de la educación. Será también objeto de este trabajo sostener (tal vez paradójicamente), que la aplicabilidad de esta filosofía en el mundo de la escuela real depende, en gran medida, del uso de tecnología avanzada.

---

\* Traducido de Heuristic Strategies for Using Computers to Enrich Education. En R.P. Taylor (editor, 1980). *The Computer in the School*. New York: Teacher's College Press, pp. 87-103.

Este punto de vista se fundamenta en tres años de experimentos a nivel de escuela secundaria en Pittsburgh [Proyecto Solo] y un estudio similar en otras varias ciudades (Critchfield, Dwyer, Fennell y Taulbee, 1973). En el Apéndice se ofrecen algunos extractos de las entrevistas llevadas a cabo durante este estudio. Ejemplos de trabajos anteriores con estudiantes a nivel secundario se ofrecen en Dwyer [1]; hay ejemplos adicionales en el "My Computer Understands Me" [2], y en el informe multimedial "Midnight to Midnight" [3]. Al final del presente trabajo describiremos un ejemplo de cómo el punto de vista que sostenemos está siendo aplicado en un nuevo programa de enseñanza de las matemáticas ("Trabajando Solo").

### LAS METAS DE LA EDUCACIÓN

Definir las metas de la educación es una tarea ingrata: rara vez se logra una definición en la que todos concuerden. Pero es una tarea esencial, si se quiere progresar en la aplicación de la tecnología a un nivel no superficial: es decir, a un nivel que enfrente asuntos más profundos que la simple enseñanza de hechos o habilidades. Voy a intentar, pues, una definición de este tipo y procuraré que no dependa de la época, es decir, trataré de evitar, en la medida de lo posible, los puntos fuertes y débiles, las actitudes o las políticas de un momento histórico particular. Seguidamente, describiré una metodología heurística para aplicar esta definición al mundo real de la educación, también en forma independiente del momento en que vivimos. En este aspecto, la no dependencia del tiempo concreto significará desarrollar una metodología que sea independiente de la tecnología de una era particular. Sin embargo, defenderé también, como punto principal de mi exposición, que las tecnologías y conceptos computacionales de la década de los 70's tienen la propiedad exclusiva de ser los primeros que cumplen los requisitos de la metodología que propongo.

Intentemos, en primer lugar, definir la educación y sus metas. Basaré mi definición en las ideas de un amplio conjunto de teóricos de la educación, incluyendo a Aristóteles, Santo Tomás, Whitehead, Dewey, y Piaget; en las obras de psicólogos como Rogers y Maslow; y en algunos de los planteamientos contemporáneos de autores como Illich y Papert. Creo que puede señalarse un hilo conductor común en estos autores y es la idea de que la educación ha de estar ligada a los conceptos de libertad y de total realización del potencial humano. He aquí mi definición: *Educación es aquello que libera el potencial humano, y por consiguiente al hombre mismo.*

El primer paso para traducir esta definición en términos más prácticos es señalar qué implica el ayudar a la gente a lograr cierto grado de control sobre sus propias vidas.

Podemos caracterizar la educación como el fenómeno que muestra a las personas la forma de lograr un “control liberador”, control tanto sobre su entorno como sobre ellos mismos. El control sobre el entorno debe incluir el control sobre factores sociales, físicos y económicos. Después de tres décadas de trabajo en educación progresiva, Dewey seguía afirmando: “El fin ideal de la educación debe ser el autocontrol”.

Al enfocar la cuestión del control en un estudio profundo de la educación debe reconocerse la importancia de comprender “la condición humana”; debe aceptarse que es más frecuente en el hombre enfrentar fracasos (al menos fracasos parciales) que éxitos. Es pues importante que el proceso educativo se proponga capacitar a la gente para enfrentar esos fracasos parciales, sugerir qué se puede hacer al respecto - intentar diferentes alternativas, depurar el proceso que condujo al fracaso, concebir como un reto y como algo positivo la creación de una conciencia que combine con claridad lo que la persona es capaz de hacer y lo que no. Este planteamiento puede tener gran valor a largo plazo; así lo describió expresamente Maslow [4]: “Soy negado para los números; siempre me dieron problemas; no puedo recordarlos, no me interesan. Es algo connatural o genético, desde que era bien pequeño. Qué puedo hacer? Tratar de aprender el mínimo necesario. No he llegado a ser un matemático y soy bastante mal estadístico. Pero soy bueno en otras materias, he desarrollado mis propias capacidades en lugar de intentar superar mis limitaciones.”

Vale la pena anotar que la definición general de educación que he propuesto bien puede desglosarse en definiciones más específicas. Por ejemplo, el control sobre el propio entorno económico conlleva la idea de cursar educación con el fin de obtener un trabajo decente. El control sobre el entorno físico sugiere la formación en ciencias e ingeniería. El control de la propia persona supone una educación orientada hacia la responsabilidad social por medio de la aceptación de los límites de la propia conducta en relación con los derechos de los demás. Este auto-control implica también que está dentro del campo de la educación el orientar los problemas del auto-conocimiento y la autodeterminación, más o menos en el sentido que lo entiende Carl Rogers [5]. Respalda también metas educativas que fomenten un crecimiento artístico, intelectual y emocional a lo largo de toda la vida, desarrollando las satisfacciones que brinda una “vida mental” activa.

## **COMO LLEVAR LAS METAS A LA PRACTICA**

Todo lo anterior constituye un punto de vista intencionalmente teórico, y tal vez algo utópico, de la educación. Trataré ahora de relacionarlo con el mundo real de las escuelas, maestros y estudiantes.

Los aportes de otras disciplinas (incluyendo en forma particular los de la ciencia de la computación] sugieren dos enfoques sistemáticos para traducir la teoría educativa en una práctica a gran escala.

El primero puede denominarse *enfoque algorítmico*. Se orienta a definir secuencias predeterminadas de actividades para lograr objetivos predeterminados que sean mensurables. Este método postula la necesidad de comenzar por la definición de los resultados (a menudo en la forma de lo que los educadores llaman “objetivos conductuales”), y diseñar a continuación un procedimiento para lograr esos resultados, a partir de una amplia gama de recursos, bastante misteriosos, que combinan estudiantes y “curricula”. Este enfoque se asocia con lo que a veces se llama tecnología educativa (debe distinguirse de la tecnología computacional); la tecnología educativa, a su vez, tomó muchas de sus ideas del campo del “análisis de sistemas” [6].

El enfoque algorítmico tiene el mérito de dar estructura y precisión a lo que de otra forma podría ser un proceso enmarañado o confuso, y de capturar esa precisión de modo que sea reproducible. Tales elementos reproducibles tienen, en teoría, la lógica y el detalle que es necesario cuando se desea entrenar (o programar) personas (o computadores) para reproducir el sistema con exactitud.

Esta última característica del enfoque algorítmico explica una de las razones por las que también es comentado en los medios educativos. La mayor parte de las investigaciones educativas relacionadas se apoyan en un modelo en que el producto final de cada investigación se hace llegar a los usuarios cuando su desarrollo está completo (modelo “de tubería”). Este modelo concibe al maestro como un simple transmisor de estos productos; por tanto, debe estructurarlos en un formato reproducible. Desde un punto de vista intelectual, el maestro tiene poco prestigio en tal sistema. Como indica Piaget [7]: “Lo que le falta al maestro de escuela, en contraste con todos los demás (profesionales), es un prestigio intelectual comparable. Y la razón de esta desventaja es una extraordinaria combinación de circunstancias bastante inquietantes. La razón general es, en buena parte, que ni los demás ni, lo que es peor, el maestro mismo, conciben su labor como la de un especialista desde el doble punto de vista de las técnicas y de la creatividad científica, sino como un mero transmisor de un tipo de conocimiento que está al alcance de la comprensión de cualquiera”.

El segundo método, *enfoque heurístico*, que yo considero mucho más atractivo y fecundo en la teoría y en la práctica, consiste en utilizar procedimientos de final abierto, con lo que quiero decir que no se especifican en su totalidad ni los resultados ni los algoritmos. La dirección y el control se logran, en cambio, aplicando “estrategias heurísticas”. Usaré los términos “estrategias heurísticas”

para significar un procedimiento que apunta a objetivos globales; un principio o pauta que ayuda a tomar decisiones y a realizar descubrimientos, pero que deja abierta la cuestión del universo en que estos pueden operar. Una estrategia heurística supone que existen muchos procedimientos disponibles para lograr algo; su función es a veces insinuar nuevos caminos, y a veces volver atrás en el camino ya andado. Su auténtica fuerza, sin embargo, consiste en indicar formas de redefinir el estado actual del procedimiento que se está usando, como el estado inicial de un procedimiento nuevo. Este método se relaciona con la teoría de la Programación Dinámica [8] también tiene similitud con las estrategias orientadas a metas que se usan en inteligencia [9].

Para obtener una visión más profunda del enfoque heurístico, lo asociaremos con el término “aprender”. Los dispositivos heurísticos no le dicen a uno qué debe hacer, sino cómo aprender lo que uno cree que debe hacer. Un sistema heurístico, por consiguiente, concibe al maestro en forma diferente. Pone énfasis en que el profesor debe hacerse más y más experto, llegando a lograr un dominio del sistema heurístico; que supere, incluso, a su diseñador original. La crítica de que la innovación educativa no funciona porque los maestros la rechazan, se refiere a una innovación que se lleva a cabo con un enfoque algorítmico, no heurístico.

Daré a continuación algunos ejemplos de estrategias heurísticas y, simultáneamente, iré indicando cómo la tecnología computacional puede hacer posible la aplicación de tales estrategias en una forma sin precedentes, tanto en su factibilidad como en su profundidad.

## **EL AUTORITARISMO FRENTE AL RESPETO POR EL APRENDIZ**

La primera estrategia se relaciona con un principio que nos permite contrastar dos concepciones educativas divergentes: la “autoritaria” y la “liberal”. Una concepción autoritaria de la educación no es mala en sí misma. De hecho es válida y esencial en cuanto sostiene que toda civilización se presenta a sus jóvenes con una larga historia de realizaciones, que existe siempre una herencia significativa cuyo valor debe reconocerse, que hay valiosa información sobre teorías que funcionan y que no funcionan, y que todo ello puede (y de hecho debe) ser transmitido en beneficio de las generaciones subsiguientes.

El problema de ésta concepción no radica en subrayar el valor del conocimiento acumulado. Radica en la tendencia de los maestros humanos, más marcada aún en los autores de *instrucción apoyada con computador*, IAC, a enmarcar la información que transmiten dentro su propia interpretación personal, inalterable, (modelos) de cómo usar esa información. Piaget [ibid] decía en este sentido que “la

clase presencial tiene siempre la limitación de adecuarse a las tendencias del maestro, ya que ésta es la solución más fácil.”

Mi *primera estrategia heurística* será insistir en aquellos procedimientos educativos que sean capaces de evaluar continuamente en qué medida se detecta (y se hace algo al respecto) la distinción entre transmitir experiencia acumulada y transmitir modelos de esa experiencia que pueden ser no válidos para el aprendiz.

Veamos un ejemplo simple (que explica a la vez el significado que damos a la palabra “solo”). Se trata de enseñar a pilotar un avión, diferenciando la modalidad de entrenamiento “dual” de la que llamamos “solo”. La modalidad dual incluye un instructor, y es en su mayor parte autoritaria. El estudiante debe usar un avión garantizado, obedecer el control de tráfico aéreo, debe utilizar la velocidad de aire correcta para optimizar el despegue, y así sucesivamente. Sin embargo, sabe que la meta final es un vuelo bajo su entera responsabilidad (“solo”), y solamente podrá lograrlo si desarrolla sus propios modelos para usar toda esa “herencia acumulada”. Únicamente el estudiante puede elaborar el modelo correcto, para solucionar un problema dado, por ejemplo, aterrizar. El instructor sabe cómo aterrizar un avión, en el sentido de que él puede hacerlo; también puede teorizar sobre cómo se hace. Pero nunca tendrá una idea clara de la manera en que el estudiante internaliza esa información. Por tanto, la tarea principal del instructor no es decirle al estudiante cómo aterrizar el aparato, sino ayudarlo a construir su propio modelo del proceso.

La importancia de ayudar al estudiante a construir sus propios modelos del mundo se hace evidente en forma palpable si observamos el trabajo de maestros experimentados con niños ciegos. Estos maestros son bien conscientes de que la forma en que los niños ciegos “ven” el mundo será siempre un misterio para el instructor. Estos instructores se convierten en educadores sólo cuando aprenden a respetar este misterio y a organizar su instrucción de acuerdo con eso. Así lo expresa un maestro: “Uno no los ayuda a ver el mundo, los ayuda a que ellos lo vean por sí mismos”. Aunque el ejemplo trate un aspecto tan específico como es suplir el sentido de la vista, me permito afirmar que una educación basada en tan importante diferencia es esencialmente adecuada.

Qué tiene que ver la tecnología con estas ideas? Creo que la respuesta es que en nuestro momento histórico disponemos de una tecnología sin precedentes sobre la cual podemos elaborar y usar sistemas educativos que distingan entre la transmisión de la herencia cultural y científica y el despertar de un nuevo conocimiento. Esta última tecnología se llama *computación controlada por el estudiante*. La computación controlada por el estudiante es una modalidad de trabajo “solo”, así como IAC es una modalidad “dual”. Esto significa que el

estudiante usa la tecnología para desarrollar y probar sus propios modelos de pensamiento; que aprende a enfrentar sus fracasos; que está en su mano eliminar los errores del procedimiento que produjo ese fracaso. Permite también desarrollar un poderoso conjunto de ideas (o “estrategias de pensamiento”) a partir de su contacto con la ciencia de la computación [10]. Los usuarios de IAC, tal como apunta Arthur Luehrmann [11], no tienen todas estas ventajas.

## **ESPERAR LO INESPERADO**

La segunda estrategia heurística que deseo proponer gira alrededor de palabras como “confianza”, “esperanza” y “reconocimiento”.

Estas palabras presuponen que un maestro y una relación humana son ingredientes indispensables de la educación. Un maestro que aprecie a sus alumnos como seres humanos es importante para aclarar, inspirar, guiar y estimular al estudiante. Los sistemas formales de educación no suelen desarrollar hábitos de autogestión del aprendizaje que sean permanentes. La confianza y esperar lo inesperado sobre autogestión educativa, son propulsores de primera clase en cualquier ambiente de aprendizaje. Estas actitudes son especialmente valiosas si sirven para iniciar una cadena de éxitos. Por supuesto esto exige que las expectativas se ajusten a las capacidades de los estudiantes.

El papel que juega la tecnología en el apoyo a esta estrategia heurística es bien directo. El hecho de que un profesor ponga en manos del estudiante el control de las sofisticadas herramientas de computación (incluyendo el equipo con todos sus atractivos) es un acto de confianza y esperanza. No es necesario expresarlo con palabras ni hace falta un profesor con doctorado en psicología para que resulte efectivo. Es más, la naturaleza general de la computación y la forma natural en que permite la descomposición de los problemas en partes, favorece el éxito en muchos niveles. En nuestro trabajo conocemos muchos ejemplos que verifican el poder de la tecnología en apoyo de esta función.

Quiero añadir en este punto que han de tomarse algunas precauciones. El profesor que promueva experiencias de aprendizaje con la modalidad “solo”, tal como la hemos descrito, debe enfrentar un problema que no se da en la instrucción dual. Deberá encontrar una forma de manejar ese aspecto de la madurez del estudiante que solemos llamar “juicio moral”. Deberá prever que, a veces, tendrá la impresión de que su confianza ha sido traicionada. Esto puede ser una experiencia muy perjudicial, más aún cuando se enfrente a personas que tienden a desahogar su cólera en una persona. Quiero también advertir que aun cuando no haya fracasos, esta modalidad puede ser más dura para el profesor que para el

estudiante. Los operadores de la torre de control de un aeropuerto han aprendido a ubicar un vuelo “solo” más porque observan al instructor comerse las uñas que por el desempeño del estudiante que está volando y aparece en su pantalla de control de tráfico aéreo.

Para que estos comentarios no parezcan demasiado pesimistas, debo añadir que los “abusos de confianza” son la excepción, no la regla, en un ambiente de computación controlado por el estudiante; y cuando ocurren, casi siempre es posible explicarlos en términos de una combinación de no haber pensado las consecuencias de ciertos actos y de un deseo de hacer cosas (a menudo muy avanzadas técnicamente) que estaban fuera del alcance de los estudiantes. Esto puede conducirnos al extraño dilema de tener que considerar casi como una ofensa el deseo de aprender. Creo que la solución a este dilema radica en la idea del autocontrol, el cual postulé al principio como uno de las metas de la educación; hay que dar gran importancia al desarrollo de esa conciencia clara de lo que uno es capaz o no de hacer; y a la búsqueda de formas legítimas de cambiar el sistema que es causa inicial del dilema mencionado.

Pueden decirse muchas otras cosas sobre este tema. Se están llevando a cabo interesantes trabajos sobre cómo desarrollar responsabilidad en el control de tecnología “peligrosa”. La película *Choosing to Learn* [12] describe un programa de este tipo para niños muy pequeños. Tales experimentos son particularmente interesantes porque el problema del juicio moral ha sido muy descuidado en la educación pública, tal vez porque tradicionalmente se asocia la moral con las creencias religiosas. Aunque parezca extraño, la tecnología (en la forma de computación controlada por el estudiante) puede ofrecer un inicio de respuesta a esta dificultad

## **APRENDIZAJE AMBIENTAL**

La tercera estrategia heurística se basa en el principio de que la educación, tal como la hemos entendido, funciona mejor en un ambiente rico y placentero. Aprendizaje y juego van de la mano. Los objetos reales (artefactos simples o sofisticados -<sup>+</sup> -) pueden ilustrar con claridad ideas complejas, si se usan adecuadamente.

---

<sup>+</sup> Estos artefactos no tienen por qué ser costosos. Por ejemplo, los materiales de matemáticas Nuffield contienen un buen número de ideas para construir materiales de bajo costo.



Un ejemplo que ilustra esta idea es el trabajo desarrollado por Seymour Papert [13] en el MIT enseñando ideas matemáticas avanzadas a niños pequeños mediante el uso de artefactos sofisticados. El éxito de ciertos centros comunitarios de aprendizaje (por ejemplo, People's Computer Company), y de museos imaginativos (como el "Exploratorium" de Frank Oppenheimer) puede atribuirse en gran medida al espíritu de ambiente placentero que han sabido crear.

Pero hay que estar precavidos: estos ambientes de aprendizaje, si no tienen un claro propósito y una buena guía, pueden ser ineficientes y hasta nocivos. Si una persona vive en ciertas regiones de Francia puede que aprenda un francés no muy bueno. Como todas las buenas ideas, este tipo de aprendizaje en ambientes propicios, con la modalidad "solo", necesita el complemento de otros factores - como una estructura de soporte - para alcanzar todo su potencial. Un estudio de los elementos de apoyo del programa de instrucción de vuelo con la modalidad mencionada (que es un buen ejemplo del tipo de ambiente de aprendizaje que estamos analizando] da buenas ideas sobre el papel que juegan las estructuras de soporte. Algunos de estos factores los analiza Dwyer [14].

He aquí la relación con el computador: si un estudiante aprende a manejar un computador (y la tecnología relacionada) y a hacer cosas con él (lograr una "simbiosis" con la máquina en el sentido descrito por John Kemeny [15]), ese estudiante estará inmerso en uno de los ambientes intelectuales más ricos - y además divertidos - que el hombre haya diseñado. Esta afirmación no necesita pruebas: son incontables las historias de estudiantes que se quedan hasta bien tarde después de clase o que se levantan a las 5 de la mañana para tener el primer turno.

La riqueza potencial de los ambientes de aprendizaje con computador sufren en la actualidad la limitación de la tecnología de la interfaz estudiante-máquina. A medida que estas limitaciones vayan superándose, creo que aumentará nuestro conocimiento sobre la potencialidad de esta forma de aprendizaje. Más adelante describiremos alguno de nuestros trabajos que apuntan en esa dirección.

Al diseñar ambientes que se basan en tecnologías hay que evitar dos peligros. El primero es de tipo administrativo: surge cuando se sacrifica el control local sobre el equipo ante el dios de la eficiencia centralizada. El desacierto de este enfoque se observa incluso tratándose de tecnologías simples. Por ejemplo, un profesor usará mucho más eficientemente películas si tiene control exclusivo de un proyector y de una sala de proyecciones que si debe compartir recursos centralizados. Los

centros de recursos se ven muy bien sobre el papel, pero en la práctica pueden invertir prioridades educativas importantes. [\*\*]

El segundo peligro es desarrollar ambientes demasiado rígidos o demasiado sencillos. Un experimento de laboratorio diseñado con enfoque curricular del estilo “libro de cocina” adolece del mismo. Error educativo el del instructor que insiste en un único modo de enfrentar un problema. El ambiente que se simplifica hasta hacerlo “a prueba de tontos” parece asumir que los estudiantes son realmente tontos. La primera estrategia heurística que describimos nos indica lo equivocado de esta práctica, pues insiste en la importancia de aprender a rectificar los procedimientos que no han tenido éxito. Los ambientes educativos deben tener una complejidad que invite a exploraciones alternativas y, si es posible, a diferentes soluciones.

## **REDESCUBRIMIENTO DEL MAESTRO**

La última estrategia heurística que sugeriré es que el cambio educativo se realice en torno a un sistema que estimule al maestro a convertirse en un experto y entusiasta de un área que el estudiante admira. Creo que no es un secreto para nadie el que las escuelas de formación de educadores no producen, por lo general, el tipo de experto que los estudiantes, ni aún a veces los mismos maestros, admiran. No obstante, parece que los jóvenes, a pesar de una actitud aparentemente cínica hacia la autoridad, son influenciados notablemente por los maestros bien preparados. Las cualidades que más impresionan al estudiante son el gusto por aprender y el entusiasmo por descubrir nuevas respuestas.

Cómo puede la tecnología apoyar este principio? La respuesta es simple y recursivamente ingeniosa. La mejor manera de aplicar esta cuarta estrategia es reformando buena parte de la formación de los maestros siguiendo los lineamientos propuestos por las tres estrategias heurísticas descritas antes. Prefiero hablar de formación de maestros y no de entrenamiento, para enfatizar (siendo consecuente con mi definición) que lo que realmente propongo es la liberación del potencial humano de quienes trabajarán precisamente intentando liberar el potencial humano de los demás.

---

\*\* Naturalmente, existen excepciones a esta regla, como el centro de Cómputo de Dartmouth y nuestra propia experiencia con un servicio comercial en tiempo compartido.

Actualmente el papel que cumple la tecnología como apoyo a la labor educativa excede en buena medida la formación del maestro.

Una de las cosas más difíciles para cualquier maestro es manejar una relación prudente alumno-profesor: debe estar consciente de que esa relación es esencial, y también de que puede sacar ventaja de ella. Los “objetos” de la tecnología pueden servir de mediadores para solucionar ese conflicto, actuando como el terreno común en que profesor y estudiantes pueden relacionarse (por lo general en muy diversas maneras). Pueden por tanto servir como eslabón para establecer esas relaciones, como amortiguador para mantenerlas y más tarde como un recordatorio de los valores descubiertos gracias a ellos.

## **EL PAPEL DE LA INSTRUCCIÓN APOYADA POR COMPUTADOR, IAC**

La discusión precedente ha enfatizado el valor de la computación controlada por el estudiante para poner en práctica estrategias heurísticas que se derivan de un enfoque humanístico de la educación. Esto no quiere decir que la IAC, entendida como una tecnología controlada por el diseñador, no pueda contribuir con valiosos aportes a un sistema educativo así concebido. Por el contrario, puede ser un subsistema importante para la “transmisión de la herencia del pasado” (en la misma forma que la computación controlada por el estudiante es un importante subsistema para la creación de nuevo conocimiento y contribuir a enriquecer esa herencia).

Más concretamente, creo que la instrucción apoyada por computador tiene un valor único como subsistema de instrucción dual, sobre todo por cuanto libera al instructor humano de los aspectos globales de la enseñanza. Un buen instructor aprende que es preferible dejar de decir muchas cosas y que su función primordial es enfocar la atención del estudiante al bosque, no a los árboles. Pero sin árboles, no hay bosque. IAC puede ser una excelente herramienta para plantar y hacer crecer los árboles de la educación. IAC es particularmente valiosa cuando las modalidades “dual” y “solo” se apoyan una en otra y se diseña una transición entre ambas. Algunas de las consecuencias técnicas de la transición fácil entre IAC y la computación controlada por el estudiante han sido expuestas por Dwyer [16].

## **UN EJEMPLO ILUSTRATIVO**

En la Universidad de Pittsburgh se está llevando a cabo actualmente una aplicación de las ideas precedentes a un proyecto de enseñanza de las matemáticas para estudiantes que inician la escuela secundaria. Este proyecto se denomina

“trabajando solo”, y cuenta con patrocinio de la donación EC-3806<sup>3</sup> de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos. El proyecto incluye uso extensivo de tecnología, pensado primordialmente de acuerdo con los principios educativos heurísticos que acabamos de describir. El curriculum de matemáticas que se desarrolla será deliberadamente estructurado de manera que su uso en otro lugar dependerá de la aplicación consciente de esos mismos principios. Esto es una debilidad del curriculum, pues presupone que maestros y administradores entienden y están de acuerdo con el enfoque heurístico. Pero es también una ventaja porque le da al curriculum la posibilidad de “aprender y adaptarse sucesivamente”. En la siguiente descripción se utilizan los paréntesis cuadrados para destacar las estrategias heurísticas que se aplican.

El programa de matemáticas “trabajando solo” está organizado en torno a cuatro laboratorios, denominados: Laboratorio de Computación, Laboratorio de Dinámica, Laboratorio de Síntesis y Laboratorio de Modelaje/Simulación. Cada uno de ellos está orientado tanto al logro de habilidades generales, como al desarrollo de proyectos de investigación. Un proyecto de investigación se define como cualquier esfuerzo cuyos resultados no están completamente determinados [esperar lo inesperado, confianza].

El profesor cumple una función de “facilitador inteligente”: esto significa que nuestro programa de capacitación de maestros debe centrarse en vivencias directas y experiencias que les permitan adquirir si no todas, algunas de las habilidades relacionadas con los laboratorios [estimular al maestro para que se haga experto en áreas que los estudiantes admiran]. La estructura de soporte para cada laboratorio comprende materiales curriculares y tecnología estimulante [ambiente de aprendizaje rico y placentero

1. El Laboratorio de Computación se ocupa de aquellos temas matemáticos que pueden describirse bien mediante algoritmos y procura estimular el uso por parte del estudiante de los recursos locales de computación. Una de las principales habilidades que el estudiante debe desarrollar en este laboratorio es la programación de computadores. Como ejemplo de algunos proyectos realizados por los estudiantes en este laboratorio podemos citar: programas de contabilidad e inventarios para pequeños comercios, programas para administración de citas computarizadas, para generación de danzas de ballet aleatorias, programas para dibujar todo tipo de curvas matemáticas y para predecir y dibujar sus intersecciones, etc. La importancia de este enfoque centrado en proyectos es que, si bien los estudiantes han tenido que encontrar conceptos que forman parte de la herencia cultural y científica con los que puedan enfrentar el proyecto, también se espera que desarrollen nuevas ideas, extensiones originales de esa herencia [respetar la necesidad de que los

aprendices desarrollen sus propios modelos de pensamiento]. Observamos que al principio se le hace difícil al estudiante: la mayoría tienen una excesiva dependencia de las órdenes explícitas del instructor. Pero también constatamos que la paciencia tiene su recompensa: los estudiantes pueden lograr esa transición, y de hecho lo hicieron.

2. El Laboratorio de Dinámica tiene que ver con tópicos matemáticos que pueden describir los procesos que tienen lugar en el tiempo. Un tipo de tecnología utilizada en este laboratorio es un simulador de vuelo [ambiente de aprendizaje rico y entretenido]. Mediante el uso de este equipo se adquiere la habilidad de realizar un aterrizaje completo por medio de instrumentos o de ser capaz de enseñarle a un compañero a hacerlo [confianza, reconocimiento]. Un ejemplo de proyecto sería muestrear lecturas analógicas de la dirección, tiempo y velocidad en el simulador, traducirlas en datos digitales, y escribir después un programa que dibuje la ruta del simulador de vuelo. Otro tipo de artefacto usado en este laboratorio es la máquina “Rube Goldberg”, un dispositivo diseñado por estudiantes sin intención de hacer algo útil, sino como un ejercicio excitante que fuerce la imaginación.
3. En el Laboratorio de Síntesis se estudian los métodos matemáticos que usan el principio de superposición, es decir, la producción de efectos complejos al agrupar otros más simples. La tecnología utilizada consiste en dos aparatos especiales° el “Monstruo musical”, una especie de órgano programable, y otro que desarrolla varias habilidades: con ambos se asocia un compositor y un diseñador de medios. Los proyectos se centran en el diseño, corrección y ejecución de obras originales.
4. El Laboratorio de Modelaje/Simulación usa las matemáticas como herramienta para crear nuevos modelos de la realidad que puedan ser estudiados y manipulados [modelos nuevos frente a la herencia cultural y científica]. Algunos son modelos físicos (como puentes, ascensores, módulos de aterrizaje lunar, etc.) otros son abstractos (un modelo ecológico, por ejemplo). La habilidad que se pretende desarrollar es la aplicación de las matemáticas, al tiempo que la gama de objetos posibles es ilimitada, pues los estudiantes tienen acceso a un computador de propósito general, que les permite simular sistemas, no manipular los existentes [esperar lo inesperado]. En este momento estamos finalizando el primero de los tres años del programa que permitirá desarrollar y probar estas ideas.

## CONCLUSIÓN

Sin duda que la metodología que acabo de proponer tiene sus dificultades. La fuente de estas la señala con precisión Piaget [ibid] “la dificultad más angustiante en pedagogía, como también en medicina y en otras muchas ramas del conocimiento que tienen algo de arte y algo de ciencia, es que los mejores métodos son los más difíciles.” Yo añadiría que este es el desafío que deben aceptar quienes están empeñados en desarrollar innovaciones tecnológicas en educación. De la misma forma que las complejidades de la tecnología no pueden armonizar con una filosofía inadecuada de la educación, una filosofía seria no puede sobrevivir sin una metodología acorde con las complejidades de la naturaleza humana. Este es el criterio fundamental con el que debemos juzgar cualquier innovación tecnológica en educación, presente o futura.

## APÉNDICE

Todo sistema educativo basado en tecnología controlada por el estudiante enfrenta siempre el problema de que alguien exija probar su valor mediante una evaluación que utilice pruebas estandarizadas. El uso de ese tipo de evaluación puede conducir a conclusiones erróneas, pues los test estandarizados (y los expertos que los diseñan) califican favorablemente los resultados de una modalidad de instrucción dual; tanto las preguntas como las respuestas están influenciadas por los modelos de quien elabora la prueba. Papert sugiere que usar ese tipo de pruebas para evaluar un sistema educativo innovador que pretende la construcción de nuevos modelos, sería como evaluar el potencial de un motor eléctrico de precisión midiendo su eficiencia para mover un carro diseñado para ser tirado por caballos.

Existen otras formas de evaluación que pueden aplicarse cuando se utiliza una modalidad educativa dual/solo. Una consiste en *analizar los nuevos logros del estudiante*. Tal tipo de evaluación es realmente impresionante, si se realiza bien; como parte del proyecto “trabajando solo” se están adelantando algunos ensayos en este sentido.

Otro tipo de evaluación aceptable se apoya en el argumento de que es *más importante llenar vacíos significativos* de un sistema que alcanzar pequeñas ganancias porcentuales en áreas que ya han cumplido las metas para las que habían sido diseñadas. Begle [17] ilustra uno de estos vacíos en un artículo en que expone la experiencia del programa de matemáticas “MSG news”

...parece que las actitudes del estudiante hacia las matemáticas son bastante favorables al inicio del cuarto grado y mejoran muy poco durante el resto de los años de escuela

---

### Estrategias heurísticas para enriquecer la educación con el uso del computador

primaria. Sin embargo, al inicio de la secundaria, estas actitudes comienzan a deteriorarse, lenta pero inintermitentemente, hasta el fin de la misma. Estos cambios de actitud no parecen verse afectados por el tipo de curriculum que siga el estudiante.

Parece que uno de los puntos fuertes de la computación controlada por el estudiante es precisamente la posibilidad que brinda de llenar este tipo de fallas. Los siguientes extractos de entrevistas realizadas a administradores, profesores y estudiantes que han usado durante algunos años la computación controlada por el estudiante pueden dar una idea de la naturaleza de este fenómeno.

- En un curso de matemáticas usando el computador tiene uno la libertad de permitir al estudiante convertirse en un verdadero experto; en un curso regular no existe tal libertad (Profesor).
- ...cada vez que escribo un programa pienso en qué puedo agregarle para que funcione mejor; lo único malo con este enfoque es que aún estoy trabajando en mi primer programa (Estudiante).
- Vine corriendo [después de ver funcionando mi programa de graficación]. Encontré [descubrí] un principio muy importante del cálculo. (Estudiante)
- Es realmente divertido ver cómo los estudiantes avanzan por sí mismos, van más allá de lo que yo esperaba. Mis mejores estudiantes son mucho mejores que yo (Profesor).
- Estoy seguro de que estos estudiantes pueden escribir algoritmos en cualquiera de las áreas matemáticas que se estudian en secundaria (Profesor).
- Espero que podamos expandirnos el próximo semestre. Ahora estamos trabajando como en el cuarto de la limpieza. Necesitamos más espacio...estamos tratando de conseguirlo y creo que lo lograremos (Director).
- Han escrito programas para las clases de idiomas... y después hicieron programas para repasar matemáticas (Profesor).
- También solucionan problemas de otros profesores...una joven diseñó un modelo del crecimiento político de una ciudad (Profesor).
- Veo jóvenes quedarse hasta después de las cinco...no sólo entienden los computadores, sino que parece que comprenden las matemáticas en que se apoyan (Administrador).
- [Steven] ha escrito programas de práctica para los estudiantes con problemas en matemáticas, usando juegos en el computador en los que ellos tienen que sumar y restar para dar la respuesta correcta (profesor).
- Se han presentado problemas porque quieren estar [en los computadores] más allá de lo que está permitido...Se esconden y se quedan trabajando en las máquinas después de que termina la escuela. Hemos tenido que sacarlos, es realmente fantástico (profesor).

- Yo soy un gomoso de la programación de computadores. Al principio madrugaba a la 5:30 a.m. para estar de primero en el laboratorio de computación. Trabajaba hasta en fines de semana haciendo mis proyectos o resolviendo problemas de química, matemáticas o aún de carpintería. Cuando pasó la fiebre me di cuenta que la vida excede al mundo de los computadores y disminuí un poco el ritmo (alumno).

## REFERENCIAS

- 1 Dwyer, T. (1971). Some principles for the human use of computers in education. *International Journal of Man-Machine Studies*, 3, 219.
- 2 *My Computer Understands Me*, (1972). Film del Proyecto Solo distribuido por Film Library, Maynard, MA (01754).
- 3 *Midnight to Midnight*, (1973). Pittsburgh, PA, Project Solo, report 15260.
- 4 Maslow, A.H. (1970). What is a Taoistic teacher ?, En *Facts and Feelings in the Classroom*, Editado por R.J. Rubin, 1973. New York, Walker & Co. .
- 5 Rogers, C. (1969). *Freedom to Learn*. Columbus: Merrill Publishing.
- 6 Hinst, K. (1971). Educational Technology - Its scope and impact. *Educational Technology*, 11 (7), 39.
- 7 Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York Orion Press
- 8 Bellman, R. (1961). *Adoptive Control Processes*. Princeton: Princeton University Press.
- 9 Newell, A y Simon, H. (1961). GPS, a program that simulates human thought. *Computers and Thought*, New York, McGraw-Hill (1963).
- 10 Minsky, M. (1970). Form and Computer Science. *Communications ACM*, 17. 197
- 11 Luehrmann A. (1972). Should the computer teach the student, or vice versa?. *AFIPS Conference Proceedings*, 40, 40.
- 12 *Choosing To Learn*, (1971). Film distribuido por Educational Development Center, Newton, MA (02160) Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York, MacMillan.
- 13 Papert, S. (1971). Teaching children to be mathematicians vs teaching about mathematics. MIT, *Artificial Intelligence Memo* 249.
- 14 Dwyer, T. (1970). Project Solo: A statement of position regarding CAL and creativity. *Interface*, 4, 13.
- 15 Kemeny, J. (1972). *Man and the Computer*. N.Y. Charles Scribner.



- 16 Dwyer T. (1972)., Teacher/student authored CAL using the NEWBASIC system. *Communications of the ACM*, 15, 21.
- 17 Begle, E (1973). Some lessons learned by SMSG. *The Mathematics Teacher*, 66, 207.