

MAQUINAS DE ENSEÑAR¹

B. F. SKINNER (*Harvard University*)

Hay más gente en el mundo que nunca, y una gran mayoría de ella quiere educación. La demanda no puede ser cubierta simplemente construyendo más escuelas y preparando más maestros. La educación debe hacerse más eficiente. A este fin, los planes de estudio deben ser revisados y simplificados, y los libros de texto y técnicas de clase mejorados.

En cualquier otro campo, la demanda para aumentar la producción hubiera llevado automáticamente a la invención de equipo como vía para ahorrar trabajo. La educación ha alcanzado este estadio muy tarde, posiblemente a través de un concepto erróneo de su función. Gracias al advenimiento de la televisión, sin embargo, los llamados "medios audiovisuales", están siendo reanimados. Los proyectores de films, los aparatos de televisión, los fonógrafos y grabadores se están incorporando a las escuelas y colegios norteamericanos.

Los medios audiovisuales complementan y pueden aún suplantar conferencias, clases demostrativas y libros de texto. De este modo cumplen una función del maestro: presentan material al estudiante y, cuando tienen éxito, lo hacen de modo tan claro e interesante que el estudiante aprende. Hay otra función a la que contribuyen poco o nada. Es la que se da en el intercambio productivo entre maestro y alumno en la pequeña clase o en situación de enseñanza y aprendizaje individual. Mucho de ese intercambio ha sido ya sacrificado en la educación norteamericana a fin de enseñar a gran número de estudiantes. Hay un verdadero peligro que será totalmente salvado

¹ En el año 1958 el Dr. B. F. Skinner ponía en marcha un curso de Psicología Elemental automático o mecanizado. Desde aquella época juntamente con sus colegas ha estado mejorando aquel programa. El Dr. Skinner continúa actualmente en Psychological Laboratories de Harvard University, desde donde nos ha hecho llegar este trabajo en el que expone los fundamentos de sus máquinas de aprendizaje, que aparece por primera vez en castellano.

Pero el Dr. Skinner ya en el año 1954 había publicado un artículo en que describía sus máquinas de enseñanza y su método basado en experiencias de laboratorio. El presente artículo, además de incluir los fundamentos y métodos, posee un resumen histórico. El profesor Skinner es la más alta personalidad y el más famoso especialista en este tipo de actividad. (*N. de la D.*)

si el uso del equipo simplemente diseñado para *presentar material* alcanza amplia difusión: el estudiante se está convirtiendo cada vez más en un mero receptor pasivo de instrucción.

Las máquinas que enseñan, de Pressey

Hay otra clase de equipo capital que animará al estudiante a desempeñar un rol activo en el proceso de instrucción. La posibilidad fue reconocida en la década 1920, cuando Sidney L. Pressey diseñó varias máquinas para pruebas automáticas de inteligencia e información. En un modelo reciente de una de estas máquinas, el estudiante se somete a un ítem numerado en una prueba de elección múltiple. Aprieta el botón correspondiente a su primera respuesta elegida. Si es acertada el aparato se mueve al siguiente párrafo o ítem; si es equivocada el error es marcado y debe continuar haciendo elecciones hasta que acierte¹. Tales máquinas, señaló Pressey² podían no solamente comprobar y marcar; podían *enseñar*. Cuando un examen es corregido y devuelto después de una demora de muchas horas o días, la conducta del estudiante no es modificada apreciablemente. La corrección inmediata dada por un aparato automático sin embargo, puede tener un efecto ampliamente instructivo. Pressey también señaló que tales máquinas aumentarían la eficiencia en otro sentido.

Aún en una pequeña clase, el maestro, generalmente, sabe que se está moviendo demasiado lentamente para algunos estudiantes y demasiado rápido para otros. Aquellos que pudieran ir más rápido son perjudicados y los más lentos aprenden con deficiencia y son innecesariamente castigados por la crítica y el fracaso. La instrucción mecánica permitiría a cada estudiante marchar a su propio ritmo. La "revolución industrial en educación" que Pressey previera, obstinadamente se negó a aparecer. En 1932 expresó su desilusión³. "Los problemas del inventar son algo relativamente simple", escribió. "Con una pequeña cantidad de dinero y un mecanismo de ingeniería se podría hacer mucho. El autor ha aprendido de una experiencia amarga que una persona sola puede llevar a cabo relativamente poco y necesita, lógicamente, mayor trabajo sobre estos problemas. Pero espera que pueda haberse hecho lo suficiente para estimular a otros trabajadores y que este campo fascinante pueda aún ser desarrollado".

Las máquinas de Pressey sucumbieron, en parte, por la inercia cultural; el mundo de la educación no estaba maduro para ellas. Pero ellas también tenían limitaciones que, probablemente, contribuían a su fracaso. Pressey

estaba trabajando en base a una teoría psicológica que no estaba de acuerdo con el proceso del aprendizaje. El estudio del aprendizaje humano estaba dominado por la "memorización" y equipos similares fueron originalmente ideados para estudiar el proceso de olvido. El ritmo del aprendizaje era observado, pero se hizo poco para cambiarlo. Porque el tema de tal experimento era aburrido para aprender, suscitó poco interés. Las teorías del aprendizaje de la "frecuencia" y la "novedad" y los principios de "práctica masiva y espaciada", determinan las condiciones bajo las cuales las respuestas eran recordadas.

Las máquinas de Pressey fueron diseñadas sobre la base de este fundamento teórico. A la manera de réplicas de la memoria-depósito fueron primariamente aparatos de comprobación. Eran para ser usadas después que algún aprendizaje había tenido lugar en alguna parte. Confirmando respuestas correctas, y desechando respuestas que no debieron ser adquiridas, una máquina auto-comprobadora, en efecto, enseña. Pero no está diseñada primariamente para ese propósito. No obstante Pressey parece haber sido el primero en enfatizar la importancia de la corrección y control inmediato en educación y en proponer un sistema en el cual cada estudiante pueda andar a su propio paso. Vio la necesidad de un equipo principal en la realización de estos objetivos. Sobre todo concibió una máquina, que —en contraste con los medios audiovisuales que estaban comenzando a desarrollarse— permitiera al estudiante jugar un papel activo.

Otra clase de máquina

El proceso del aprendizaje es ahora mucho mejor comprendido. Mucho de lo que conocemos ha provenido del estudio de la conducta de organismos inferiores pero los resultados valen sorprendentemente bien para los sujetos humanos. El acento de esta búsqueda no se colocó en la verificación de teorías sino en el descubrimiento y contralor de las variables de las cuales el aprendizaje es una función. Esta orientación práctica dio resultado, pues se alcanzó un sorprendente grado de control. Organizando adecuadas "contingencias de refuerzo", formas específicas de conducta pueden establecerse y colocarse bajo el control de clases específicas de estímulos. La conducta resultante puede ser mantenida en vigor largos períodos de tiempo. Una tecnología basada en este trabajo ha sido puesta en uso en neurología, farmacología, nutrición, psicofísica, psiquiatría y en otras ciencias⁴.

El análisis es también pertinente para la educación. A un estudiante "se le enseña" en el sentido que es inducido a adoptar nuevas formas de conducta y formas específicas para ocasiones específicas. No se trata solo de enseñarle *qué* hacer; estamos igualmente preocupados con la probabilidad de que la conducta adecuada aparezca en el momento también adecuado; situación ésta que podría ser clasificada tradicionalmente como "motivación". En la educación, el comportamiento a crear y a conservar es, por lo general, verbal; y debe ser puesto bajo el control de estímulos verbales y no-verbales. Afortunadamente los problemas especiales surgidos de la conducta verbal pueden ser sometidos a un análisis similar ⁵.

Si nuestro conocimiento corriente de la adquisición y mantenimiento del comportamiento verbal se aplica a la educación, se torna necesaria alguna clase de máquina de enseñar. Las contingencias de refuerzo que cambian el comportamiento de los organismos inferiores, a menudo no pueden ser organizados a ojo; más bien se necesita un aparato elaborado. El organismo humano requiere un instrumental aún más perfecto. Una máquina de enseñar apropiada tendrá varios rasgos importantes. El estudiante debe *componer* su respuesta más que elegirla de un juego de alternativas, como en un auto-regulador de elección múltiple (*multiple-choice self-rater*). Una razón para esto es que queremos que él recuerde, más bien que reconozca; dar una respuesta tanto como saber que es correcta. Otra razón es que el material de elección múltiple efectivo debe contener respuestas equivocadas "aceptables", las cuales están fuera del lugar en el delicado proceso de "formar" comportamiento porque fortalecen formas no deseadas. Aunque es mucho más fácil construir una máquina para marcar respuestas de elección múltiple que evaluar una respuesta compuesta, la ventaja técnica es preponderante por estas y otras consideraciones.

Un segundo requerimiento de una máquina de enseñar mínima, también la distingue de anteriores versiones. En la adquisición de un comportamiento complejo el estudiante debe pasar a través de una secuencia cuidadosamente diseñada de pasos, a menudo de considerable longitud. Cada paso debe ser tan pequeño que siempre pueda ser dado, aunque al darlo el estudiante se acerca un tanto más a un comportamiento plenamente competente. La máquina debe asegurar que estos escalones sean tomados en un orden cuidadosamente prescripto.

Varias máquinas con las características requeridas han sido construidas y probadas. Los juegos de presentaciones separadas o "estructuras" de mate-

rial visual se colocan en discos, tarjetas o cintas. Una estructura o ítem es presentada a un tiempo, quedando fuera de la vista las estructuras adyacentes. En cierto tipo de máquina el estudiante compone una respuesta moviendo cifras o letras impresas⁶.

Su composición es comparada por la máquina con una respuesta codificada. Si las dos corresponden, la máquina automáticamente presenta la siguiente estructura, si no la respuesta es borrada y debe componerse otra. El estudiante no puede proceder al segundo paso hasta que el primero haya sido dado. Una máquina de esta clase está siendo probada en la enseñanza de la ortografía, aritmética y otras materias en los grados inferiores. Para los estudiantes más avanzados (desde los primeros años de la enseñanza secundaria, y a través del *college*), una máquina que necesita una disposición de letras o cifras es innecesariamente rígida para formas específicas de respuestas. Afortunadamente, se puede pedir a los estudiantes que comparen sus respuestas con el material impreso presentado por la máquina.

La máquina en sí, por supuesto, no enseña. Simplemente pone al estudiante en contacto con la persona que compuso el material que presenta. Es un aparato que ahorra trabajo porque pone a un planificador en contacto con un indefinido número de estudiantes. Esto puede dar la idea de la producción en masa pero el efecto sobre cada estudiante es sorprendentemente parecido al de un tutor que enseña individualmente. La comparación vale en varios aspectos (I). Hay un constante intercambio entre programa y estudiante. A diferencia de las conferencias, libros de textos y los medios audiovisuales comunes, la máquina induce una actividad sostenida. El estudiante está siempre alerta y ocupado (II). Como buen tutor, la máquina insiste en que un punto dado sea entendido totalmente, ítem por ítem o conjuntos de ellos, antes de que el estudiante prosiga. Las conferencias, libros de texto y sus equivalentes mecánicos, por otro lado, proceden sin asegurarse que el estudiante entienda y fácilmente lo dejan atrás (III). Como un buen tutor la máquina presenta justo el material para el cual el estudiante está preparado. Le pide dar el paso para el cual está mejor preparado en ese momento y le resulte más factible (IV). Como un guía cuidadoso la máquina ayuda al estudiante a encontrarse con la respuesta correcta. Hace esto en parte a través de la construcción ordenada del programa y en parte con técnicas de sugerir, indicar, impulsar y demás derivados del análisis de la conducta verbal (V). Finalmente, por supuesto, la máquina como el tutor privado, "refuerza" al estudiante ante toda respuesta correcta, usando este control in-

mediato no solamente para formar su comportamiento más eficientemente, sino para mantenerlo fuerte de una manera a la que el lego describiría como "sosteniendo el interés del estudiante".

Material de programación

El éxito de tal máquina depende del material que se use en ella. La tarea de programar una materia dada es a primera vista bastante compleja. Muchas técnicas útiles pueden ser derivadas de un análisis general de los procesos pertinentes del comportamiento, verbal o no-verbal. Las formas específicas del comportamiento pueden ser recordadas y, a través de un refuerzo diferencial, puestas bajo el control de estímulos específicos.

No es este lugar para una revisión sistemática de las técnicas en uso o de las investigaciones de las cuales puede esperarse descubrir otras. Sin embargo, las mismas máquinas no pueden ser adecuadamente descritas sin dar unos pocos ejemplos de programas. Nosotros podemos comenzar con un juego de estructuras o ítems (ver Tabla 1) diseñadas para enseñar a alumnos de tercer o cuarto grado a escribir la palabra "*manufacture*". Las seis estructuras son presentadas en el orden mostrado, y el alumno corre tapas para descubrir letras en los cuadrados abiertos.

La palabra a ser aprendida aparece en negrita en la estructura 1 con un ejemplo y una definición simple. La primera tarea del alumno es simplemente copiarla. Cuando hace eso correctamente, la estructura 2 aparece. Debe ahora copiar selectivamente, debe identificar "fact" como la parte común de "manufacture" y "factory". Esto le ayuda a deletrear la palabra y también a adquirir un operador verbal "atómico" separable (5). En la estructura 3 otra raíz debe copiarse selectivamente de "manual". En la estructura 4 el alumno debe insertar por primera vez letras sin copiarlas. Desde que se le pide insertar la misma letra en dos lugares, una respuesta equivocada será doblemente notoria y la probabilidad de error es reducida al mínimo. El mismo principio gobierna la estructura 5. En la 6, el alumno deletrea la palabra para completar la oración usada como ejemplo en la 1. Aún un mediocre estudiante puede hacer esto correctamente porque ya ha compuesto y completado la palabra 5 veces, ha dado dos respuestas de raíces importantes, y ha aprendido que dos letras se dan en la palabra dos veces. Probablemente haya aprendido a deletrear la palabra sin haber cometido un error. Enseñar a deletrear es principalmente un proceso de estructurar for-

mas complejas de conducta. En otras materias —por ejemplo, aritmética— las repuestas deben ser puestas bajo el control del estímulo apropiado.

Desgraciadamente el material que ha sido preparado para enseñar aritmética ⁷ no se presta a ser extractado y citado.

TABLA 1.— *A SET OF FRAMES DESIGNED TO TEACH A THIRD-OR FOURTH-GRADE PUPIL TO SPELL THE WORD MANUFACTURE*

1. Manufacture means to make or build. Chair factories manufacture chairs. Copy the word here:

() () () () () () () () () () () ()

2. Part of the word is like part of the word factory. Both parts come from an old word meaning make or build.

m a n u () () () () u r e

3. Part of the word is like part of the word manual. Both parts come from an old word for hand. Many things used to be made by hand.

() () () () f a c t u r e

4. The same letter goes in both spaces:

m () n u f () c t u r e

5. The same letter goes in both spaces:

m a n () f a c t () r e

6. Chair factories () () () () () () () () () () () () chairs.

Los números de 0 a 9 son generados en relación a objetos, cantidades y escalas. Las operaciones de suma, resta, multiplicación y división son totalmente desarrolladas antes de que se alcance el número 10. En el curso de esto, el alumno compone ecuaciones y expresiones en una gran variedad de formas alternativas. Completa no solamente $5 + 4 = ()$; sino $() + 4 = 9$, y $5 + () = 9$, etc., ayudado en la mayoría de los casos por materiales ilustrativos. No se recurre a la memoria, aun en la última adquisición de las tablas. El estudiante debe llegar a $9 \times 7 = 63$, no por memorización como si memorizara un verso de un poema, sino poniendo en práctica prin-

cipios tales como el de nueve veces un número es lo mismo que diez veces el número menos ese mismo número, (ambos son "obvios" o ya bien aprendidos); que los dígitos en un múltiplo de 9 suman 9; que componiendo múltiplos sucesivos de 9, uno cuenta hacia atrás (9, 18, 27, 36 y así siguiendo); que nueve veces un dígito simple es un número que comienza con uno menos que el dígito (nueve veces *seis es cincuenta* y algo); y posiblemente aunque el producto de 2 números separados por solamente un número es igual al cuadrado de separar el número menos uno. (El cuadrado de 8 es familiar por una serie especial de estructuras relacionadas con cuadrados).

Programas de este tipo se pueden llevar lejos. A 5 ó 6 estructuras por palabra; 4 cursos de deletreo pueden requerir 20.000 ó 25.000 estructuras y 3 ó 4 grados de aritmética otras tantas. Si estas cifras parecen grandes, es solamente porque estamos pensando en el contacto normal entre maestros y alumnos. Un maestro no puede supervisar 10.000 ó 15.000 respuestas dadas por cada alumno en un año. Pero el tiempo del alumno no es tan limitado. En cualquier caso, se necesita sorprendentemente poco tiempo; quince minutos por día en una máquina son suficientes para cada uno de estos programas, quedando libres las máquinas para otros estudiantes el resto de cada día. (Es probablemente porque los métodos tradicionales son tan ineficaces que hemos sido llevados a suponer que la educación requiere tanto tiempo del día de una persona joven).

Una técnica simple usada para programar el material en la escuela secundaria, sirve de ejemplo para enseñar a un estudiante a recitar un poema. El primer verso es presentado con varias letras no importantes omitidas. El estudiante debe leer la línea "significativamente" y colocar las letras que faltan. La 2^a, 3^a y 4^a estructuras presentan líneas continuadas en la misma forma. En la 5^a estructura el primer verso o línea reaparece con otras letras también ausentes. Puesto que el estudiante acaba de leer la línea, la puede completar correctamente.

Hace lo mismo con la segunda, tercera y cuarta líneas. Las estructuras siguientes están cada vez más incompletas y, finalmente, después de 20 ó 24 estructuras el estudiante reproduce las 4 líneas sin ayuda exterior y muy posiblemente sin haber dado una respuesta equivocada. La técnica es similar a la usada en enseñar deletreo; las respuestas son primero controladas por un texto, pero éste es poco a poco reducido, desvanecido, hasta que las respuestas puedan ser emitidas sin texto estando cada miembro de una serie

de respuestas bajo el control "intraverbal" de los otros miembros. Esta clase de disminución progresiva de control externo hasta su desaparición total puede ser usada en la enseñanza de otros tipos de comportamiento verbal.

Cuando un estudiante describe la geografía de alguna parte del mundo o la anatomía de una parte del cuerpo o nombra plantas y animales, en presencia de ejemplares o en cuadros, las respuestas verbales son controladas por estímulos no verbales. En la creación de tal conducta al estudiante se le pide, primero, que indique los accidentes en un mapa con letreros; un cuadro o un objeto presente, y luego, las referencias son eliminadas. Enseñando un mapa, por ejemplo, la máquina pide al estudiante que describa relaciones especiales entre ciudades, países, ríos, etc., en un mapa con letreros y referencias escritas. Luego se le pide hacer lo mismo con un mapa en el cual los nombres son incompletos o faltan.

Eventualmente se le pide establecer las mismas relaciones sin ningún mapa. Si el material ha sido bien planeado lo puede hacer correctamente. La instrucción en ciertas circunstancias puede estar dirigida no tanto a impartir un nuevo repertorio de respuestas verbales, sino a hacer que el estudiante describa con precisión algo en cualquiera de los términos que dispone. La máquina puede "asegurarse que el estudiante comprende" un gráfico, diagrama, carta o cuadro al pedirle que identifique y explique sus signos corrigiéndole, por supuesto, cada vez que se equivoque.

Además de las cartas, mapas gráficos, modelos y demás, el estudiante puede tener acceso a material auditivo. Aprendiendo a escribir el dictado en un idioma extranjero, por ejemplo, elige un pasaje corto y lo graba de acuerdo a las instrucciones dadas por la máquina. Lo oye tantas veces como sea necesario y luego lo transcribe. La máquina luego revela el texto correcto. El alumno puede escuchar el pasaje otra vez, para descubrir las fuentes de error. El grabador puede también ser usado con la máquina para enseñar otros aspectos del lenguaje, tales como código telegráfico, música, pronunciación, apreciación literaria y dramática y otras materias.

Un programa típico combina muchas de estas funciones. El juego de estructuras mostrado en la tabla 2 fue diseñado para conducir al estudiante de física de escuela secundaria a conversar inteligentemente, y en alguna medida técnicamente, acerca de la emisión de luz de una fuente incandescente. Al usar la máquina el estudiante escribirá una palabra o frase para completar un ítem dado y luego descubrir la palabra o frase correspondiente mostrada en la columna a la derecha. El lector que desea obtener la "vivencia" del

material debe cubrir la columna de la derecha con una tarjeta, descubriendo cada línea solamente después que haya completado el tema correspondiente.

Varias técnica de programación han sido ejemplificadas en el juego de estructuras de Tabla 2.

TABLA 2.—PART A PROGRAM IN HIGH-SCHOOL PHYSICS, THE MACHINE PRESENTS ONE ITEM AT A TIME. THE STUDENT COMPLETES THE ITEM AND THEN UNCOVERS THE CORRESPONDING WORD OR PHRASE SHOWN AT THE RIGHT

<i>Sentence to be completed</i>	<i>Word to be supplied</i>
1. The important parts of a flashlight are the battery and the bulb. When we turn on a flashlight, we close a switch which connects the battery with the	bulb
2. When we turn on a flashlight, an electric current flows through the fine wire in the — and causes it to grow hot	bulb
3. When the hot wire glows brightly, we say that it gives off or sends out heat and	light
4. The fine wire in the bulb is called a filament. The bulb "lights up" when the filament is heated by the passage of a(n) — current	electric
5. When a weak battery produces little current, the fine wire, or —, does not get very hot	filament
6. A filament which is less hot sends out gives off — light	less
7. "Emit" means "send out". The amount of light sent out, or "emitted", by a filament depends on how — the filamentis.	hot
8. The higher the temperature of the filament the — the light emitted by it.	brighter, stronger
9. If a flashlight battery is weak, the — in the bulb may still glow, but with only a dull red color	filament
10. The light from a very hot filament is colored yellow or white. The light from a filament which is not very hot is colored	red
11. A blacksmith or other metal worker sometimes makes sure that a bar of iron is heated to a "cherry red" before hammering it into shape. He uses the — of the light emitted by the bar to tell how hot it is	color
12. Both the color and the amount of light depend on the — of the emitting filament or bar	temperature
13. An object which emits light because it is hot is called "incandescent". A flashlight bulb is an incandescent source of	light

14. A neon tube emits light but remains cool. It is, therefore, not an incandescent — of light source
15. A candle flame is hot. It is a(n) — source of light incandescent
16. The hot wick of a candle gives off small pieces or particles of carbon which burn in the flame. Before or while burning, the hot particles send out, or —, light emit
17. A long candlewick produces a flame in which oxygen does not reach all the carbon particles. Without oxygen the particles cannot burn. Particles which do not burn rise above the flame as smoke
18. We can show that there are particles of carbon in a candle flame, even when it is not smoking, by holding a piece of metal in the flame. The metal cools some of the particles before they burn, and the unburned carbon — collect on the metal as soot particles
19. The particles of carbon in soot or smoke no longer emit light because they are — than when they were in the flame cooler, colder
20. The reddish part of a candle flame has the same color as the filament in a flashlight with a weak battery. We might guess that the yellow or white parts of a candle flame are — than the reddish part hotter
21. "Putting out" an incandescent electric light means turning off the current so that the filament grows too — to emit light cold, cool
22. Setting fire to the wick of an oil lamp is called — the lamp lighting
23. The sun is our principal — of light, as well as of heat source
24. The sun is not only very bright but very hot. It is a powerful — source of light incandescent
25. Light is a form of energy. In "emitting light" an object changes, or "converts", one form of — into another energy
26. The electrical energy supplied by the battery in a flashlight is converted to — and heat, light, light, heat
27. If we leave a flashlight on, all the energy stored in the battery will finally be changed or — into heat and light converted
28. The light from a candle flame comes from the — released by chemical changes as the candle burns energy
29. A nearly "dead" battery may make a flashlight bulb warm to the touch, but the filament may still not be hot enough to emit light — in other words, the filament will not be — at that temperature incandescent
30. Objects, such as a filament, carbon particles, or iron bars, become incandescent when heated to about 800 degrees Celsius. At that temperature they begin to emit light

31. When raised to any temperature above 800 degrees Celsius, an object such as an iron bar will emit light. Although the bar may melt or vaporize, its particles will be — no matter how hot they get incandescent
32. About 800 degrees Celsius is the lower limit of the temperature at which particles emit light. There is no upper limit of the — at which emission of light occurs temperature
33. Sunlight is — by very hot gases near the surface of the sun emitted
34. Complex changes similar to an atomic explosion generate the great heat which explains the — of light by the sun emission
35. Below about — degrees Celsius an object is not an incandescent source of light 800

Los términos técnicos son introducidos lentamente. Por ejemplo, el término familiar "cable fino" en la estructura 2 es seguido por una definición del término técnico "filamento" en la estructura 4; "filamento" es luego preguntado en presencia de un sinónimo no científico en la estructura 5 y sin el sinónimo en la estructura 9. En la misma forma, "dar luz", "apagar la luz" y "transmitir la luz" en las estructuras primeras son seguidas de una definición de "emitir" con un sinónimo en la estructura 7. Varias formas indirectas de "emitir" siguen luego, y la misma palabra "emitir" se pregunta con un sinónimo en la estructura 16. Es preguntada sin sinónimos pero en una frase que ayuda en la estructura 30, y "emitido" y "emisión" son preguntadas sin ayuda en las estructuras 33 y 34. La relación entre temperatura, cantidad y color de la luz se desarrolla en varias estructuras antes de que una frase formal usando la palabra "temperatura" sea usada en la estructura 12. "Incandescente" es definida y usada en la estructura 13 y otra vez en la 14, y se pregunta en la estructura 15, recibiendo el estudiante una facilidad temática de la frase "fuente incandescente de luz". Se da una ayuda formal con "bujía". En la estructura 25 la nueva respuesta "energía" es evocada fácilmente por las palabras "forma de" porque la expresión "forma de energía" es usada anteriormente en la estructura. "Energía" aparece otra vez en las dos siguientes estructuras y es finalmente preguntada, sin ayuda, en la 28. Desde la 30 a la 35 se discuten las temperaturas límites de los objetos incandescentes mientras se reveen varias clases de fuentes. La cifra "800" es usada en tres estructuras. Dos estructuras intervinientes permiten que pase algún momento antes que la pregunta a la respuesta 800 sea formulada.

Las respuestas no deseadas son eliminadas con técnicas especiales. Si, por ejemplo, la segunda oración en la estructura 24 fuera simplemente "es una fuente de luz", los dos *muy* llevarían frecuentemente a completarla con "fuerte" o un sinónimo semejante. Esto es evitado insertando la palabra "poderoso" para hacer al sinónimo redundante. De manera similar, en la estructura 3 las palabras "calor y" impiden la respuesta "calor", que sería anticipar una respuesta correcta. El efecto neto de ese material es más que una adquisición de hechos y términos.

Partiendo de hechos ampliamente familiares, no verbalizados, respecto de luces, bujías y demás, el estudiante es inducido a conversar sobre sucesos familiares, juntamente con unos pocos hechos nuevos, con un vocabulario relativamente técnico. Aplica los mismos términos a hechos que tal vez nunca ha encontrado semejantes.

La emisión de luz de una fuente incandescente toma forma como tópico o campo de investigación. Surge una comprensión del asunto lo cual es a menudo bastante sorprendente, en razón de la fragmentación requerida en la construcción de items. No es fácil construir tal programa. Si es perdonable un pasaje elíptico o confuso en un libro de texto porque puede ser aclarado por el maestro, el material de la máquina debe ser bien claro por sí y totalmente adecuado. Hay otras razones por las cuales los libros de texto, esquemas de conferencias y guiones de películas, son de poca utilidad para preparar un programa. Ellas no son generalmente disposiciones lógicas o progresivas del material sino estrategias que los autores han encontrado exitosas para las actuales condiciones de la clase. Los ejemplos que ellos dan son más a menudo elegidos para sostener el interés del estudiante que para aclarar términos y principios.

Al componer el material para la máquina, el planificador puede ir directamente al punto.

El primer paso es *definir el campo*. El segundo es reunir términos técnicos, hechos, leyes, principios y casos. Estos deben luego ser dispuestos en un orden de desarrollo plausible, lineal si es posible, en ramificaciones si es necesario. Un ordenamiento mecánico, tal como un sistema de ordenamiento de tarjetas, ayuda. El material es distribuido en las estructuras de un programa hasta alcanzar una densidad arbitraria. En la composición final de un item las técnicas para reforzar respuestas y para transferir el control de una variable a otra, son tomadas de una lista de acuerdo a un plan dado para evitar el establecimiento de tendencias verbales inadecuadas, propias

de una técnica única. Cuando un juego de estructuras ha sido compuesto, sus términos y hechos son ubicados mecánicamente entre los conjuntos satisfactorios donde estarán otra vez relacionados con la composición de los siguientes items, para asegurar que el repertorio anterior permanezca activo. Así, los términos técnicos, hechos y ejemplos en la Tabla 2 han sido distribuidos para ser usados de nuevo en los juegos de reflexión, asimilación y transmisión, donde son incorporados a items que tratan principalmente de otros asuntos. Pueden construirse, por supuesto, juegos de estructuras para repasos explícitos. Una ulterior búsqueda descubrirá presumiblemente otras técnicas posiblemente más efectivas. Mientras tanto debe admitirse que una considerable dosis de arte se requiere para que la composición de un programa tenga el éxito esperado. Si la programación ha de quedar como un arte o llegará a ser técnica científica, es tranquilizador, al respecto, saber que existe una autoridad última: el estudiante.

Ha sido probado que una ventaja inesperada de la instrucción mecánica es el "feedback" o control para el programador.

Con las máquinas de escuela primaria se toman medidas para descubrir qué estructuras brindan comúnmente respuestas erróneas, y al nivel de High School o College las tiras de papel que contienen respuestas escritas pueden ser sometidas a análisis. La prueba de la primera versión de un programa revela rápidamente estructuras que necesitan ser alteradas o secuencias que necesitan ser alargadas. Una o dos revisiones a la luz de algunas docenas de respuestas permiten un gran adelanto. Para el conferenciante, escritor de libros de texto o productor de films no existe una "realimentación" o control semejante. Aunque un texto o film puede parecer mejor que otro, es generalmente imposible decir, por ejemplo, que tal oración en tal página o una secuencia particular de un film está provocando dificultades. Las dificultades inherentes a la programación tienen sus compensaciones. Es una cosa saludable tratar de garantizar una respuesta correcta en cada paso en la presentación de un asunto dado. El programador encontrará generalmente que ha contraído la costumbre de dejar librado al estudiante demasiadas cosas, que ha omitido frecuentemente pasos esenciales y olvidado hacer presente puntos pertinentes. Las respuestas a este material pueden revelar ambigüedades sorprendentes. A menos que sea muy afortunado, advertirá que aun tiene algo que aprender acerca del tema.

Casi seguramente encontrará que necesita aprender mucho más acerca de los cambios de comportamiento que está tratando de lograr en el estu-

diante. Este efecto de la máquina, de confrontar al programador con el alcance total de su tarea, puede en sí mismo producir una considerable mejora en la educación. Componer un juego de estructuras puede ser un ejercicio apasionante para el análisis del conocimiento. La empresa tiene consecuencias sobre la metodología científica. Hay algunos signos alentadores de que las implicaciones epistemológicas inducirán a la participación de expertos en la composición de los programas. El experto puede interesarse en virtud de otra razón. Raramente podemos pedir a un gran matemático que escriba una aritmética de primero y segundo grado para ser usada por un maestro común en una clase común. Pero una presentación mecánica cuidadosamente controlada y el inmediato contacto entre programador y estudiante ofrece un panorama muy diferente, que puede ser suficiente para inducir a aquéllos que saben más de la materia, a reflexionar sobre la naturaleza de la conducta aritmética y de las variadas formas en que esa conducta será configurada y comprobada.

¿Puede el material ser demasiado fácil?

El maestro tradicional puede ver estos programas con inquietud. Puede estar particularmente alarmado por el esfuerzo para aumentar el éxito y reducir el fracaso. Por su experiencia sabe que los estudiantes no ponen atención a menos que se preocupen por las consecuencias de su trabajo.

El procedimiento acostumbrado ha sido el de mantener la ansiedad necesaria, controlando sólo los errores.

En las clases de preguntas, el estudiante que sabe la respuesta a menudo no es interrogado; un ítem de prueba que es correctamente respondido por todos es descartado por carecer de valor discriminativo; los problemas al final de una sección en un libro de texto en matemáticas generalmente incluyen uno o dos párrafos muy difíciles; etc.

(El maestro convertido en programador puede sorprenderse al encontrar que esta actitud afecta la construcción de ítems. Por ejemplo, puede hallar difícil tolerar la existencia de un ítem que da un punto de partida. Aun si nosotros podemos resolver el problema de motivación con otros medios, ¿qué es más efectivo que dar un punto de partida?). Asegurarse que el estudiante sabe que "no sabe" es una técnica relacionada con la motivación, no con el proceso de aprendizaje. Las máquinas resuelven el problema de la motivación de otra manera. No hay evidencia de que lo que es fácilmente aprendido es más

rápido olvidado. Si esto resultara ser así la retención puede ser garantizada por material subsidiario construido para un repaso igualmente no penoso.

El argumento común del material "difícil" es que queremos enseñar algo más que una materia. Al estudiante se lo desafía y se le enseña a "pensar". El argumento, algunas veces, no es más que una racionalización vinculada a una presentación confusa, pero sin duda es también cierto que las conferencias y textos son a menudo inadecuados y concebidos con el intencionado propósito de desorientar. Pero, ¿con qué objeto? ¿Qué tipos o formas del "pensar" aprende el estudiante en su lucha contra el material difícil? Es cierto que aquellos que aprenden en condiciones difíciles son mejores estudiantes, pero, ¿son mejores porque han salvado dificultades o las salvaron porque son mejores? Con el propósito de enseñar a pensar, creamos situaciones difíciles y confusas y acordamos crédito a los estudiantes que las pasan exitosamente.

El problema que se presenta al hacer deliberadamente difícil la educación a fin de enseñar a pensar, es: (I) que debemos conformarnos con los estudiantes así elegidos, aunque sepamos que son sólo una pequeña parte del potencial de pensadores, y (II) que debemos continuar sacrificando la enseñanza de la materia, renunciando a métodos efectivos pero "más fáciles".

Un plan más sensato es analizar la conducta llamada "pensamiento" y producirla de acuerdo a determinadas especificaciones. Un programa específicamente relacionado con tal comportamiento podría estar compuesto de material del que ya se dispone en lógica, matemáticas, método científico y psicología. Mucho podría, sin duda, agregarse para lograr un programa efectivo. La máquina ya ha producido importantes subproductos. El control inmediato alienta una lectura más cuidadosa del material planeado que en el estudio de un texto, donde las consecuencias de la atención o desatención se presentan tan tardíamente que tienen poco efecto sobre el aprovechamiento de la lectura. El comportamiento inherente a la observación o atención de detalles—como en la observación de cartas y modelos o cuando se escucha atentamente una conversación grabada— es eficientemente desarrollado por las situaciones organizadas por la máquina y cuando un resultado inmediato está en juego, el estudiante podrá aprender mejor a manejar un material pertinente, a concentrarse sobre características específicas de lo presentado, a rechazar materiales no adecuados, a rechazar la solución fácil, pero equivocada y a aceptar la indecisión, todo lo cual está dentro de un pensar efectivo.

Parte de la objeción al material fácil es que el estudiante terminará dependiendo de la máquina y será menos capaz de enfrentarse con las presentaciones ineficaces representadas por las conferencias y los libros de textos, los films y la "vida real". Esto es ciertamente un problema. Todos los buenos maestros deben "independizar" a sus alumnos, y la máquina no es una excepción. Cuanto mejor es el maestro, tanto más explícito debe ser el proceso de liberarlos de su tutela. Los pasos finales de un programa deben ser diseñados de modo que el estudiante no necesite de los elementos de ayuda dados por la máquina. Esto puede hacerse de varias formas. Entre otras, usando la máquina para analizar el material que ha sido estudiado de otra manera. Estos problemas pueden ser adecuadamente contestados sólo a través de una investigación de mayores alcances.

Una "evaluación" en gran escala de la enseñanza mecánica no ha sido aún intentada. Hemos estado dedicados hasta ahora a los problemas prácticos del diseño y uso de máquinas, a las pruebas y revisiones de programas "muestras".

Las reacciones de los estudiantes al material y a la auto-instrucción en general han sido estudiados a través de entrevistas y cuestionarios. Tanto las máquinas como el material están siendo modificados a la luz de esta experiencia, y una evaluación más explícita tendrá entonces lugar.

Mientras tanto, puede decirse que las ventajas esperadas de la instrucción mecánica han sido generosamente confirmadas. Se revelaron posibilidades insospechadas las cuales están ahora sometidas a una exploración más profunda. Aunque es menos práctico acudir a un salón de auto-instrucción que tomar un libro en nuestra habitación o donde sea, la mayoría de los estudiantes se sintieron que tenían mucho que ganar estudiando "a máquina". La mayoría de ellos trabajaron una hora o más con poco esfuerzo, aunque a menudo se sintieron cansados después, y aseguraron que aprendieron mucho más, en menos tiempo y con menos esfuerzo que en las formas convencionales. No se hizo intento alguno para señalar la adecuación del material para situaciones cruciales, personales y otras, pero los estudiantes se mostraron interesados. (Por cierto, se intenta un cambio en las contingencias de refuerzo sugeridas por el experimento, a fin de reducir el nivel de motivación). Una ventaja importante resultó ser que el estudiante siempre sabía dónde se encontraba, sin esperar una prueba o examen final.

Algunas preguntas

Varias preguntas son habitualmente formuladas cuando se discuten las máquinas para enseñar. ¿No pueden los resultados de laboratorio ser usados en la educación sin máquinas? Por supuesto que sí. Conducirán a introducir mejoras en textos, films y otros materiales de enseñanza. Más aún, el maestro que realmente comprende las condiciones bajo las cuales el aprendizaje tiene lugar será más efectivo, no solamente para enseñar su materia sino también para manejar la clase. No obstante, es necesario cierto tipo de artefacto para ajustar las sutiles contingencias de refuerzo que se requieren para un óptimo aprendizaje, si se ha de brindar a cada estudiante atención individual. En las aptitudes no verbales esto es comúnmente obvio; los textos y el profesor pueden guiar al que aprende pero no pueden manejar las contingencias finales que establecen la conducta hábil o capacitada. Es verdad que las aptitudes verbales están aquí dependiendo del refuerzo social, pero no debe olvidarse que la máquina simplemente mediatiza una relación *esencialmente verbal*. Al formar y mantener conocimiento verbal, no estamos entregados a las contingencias manejadas a través del contacto personal. Las máquinas pueden aún parecer innecesariamente complejas, comparadas con otros mediadores tales como libros de deberes o formas de pruebas de auto-medición. Desgraciadamente, estas alternativas no son aceptables. Cuando el material es adecuadamente planeado, los pasos adyacentes son a menudo tan similares que una estructura revela la respuesta de otra. Solamente alguna clase de presentación mecánica hará que estructuras sucesivas sean independientes una de otra. Más aún, en la auto-instrucción es especialmente deseable el uso de un registro automático de la conducta del estudiante y para muchos propósitos debe ser seguro. Versiones simplificadas de las máquinas presentes han resultado útiles, por ejemplo, en el trabajo de Ferster y Sapon, de Porter, y de Gilbert⁸ — pero los problemas mecánicos y económicos son tan fáciles de solucionar que una máquina con posibilidades mayores está totalmente garantizada.

¿Reemplazarán las máquinas a los maestros? Por el contrario, son el equipo capital para ser usado por los maestros para ahorrar tiempo y trabajo. Asignando ciertas funciones mecanizables a las máquinas, el maestro aparece en su propio papel como un ser humano indispensable. Puede enseñar a más estudiantes que hasta ahora —esto es probablemente inevitable si la amplia demanda mundial de educación ha de ser satisfecha— pero él hará

eso en menos horas y con tareas menos gravosas. A cambio de su mayor productividad puede pedir a la sociedad que mejore su condición económica. El papel del maestro bien puede ser cambiado, pues la instrucción mecánica afectará varias prácticas tradicionales. Los estudiantes pueden continuar agrupados en "grados" o "clases", pero será posible para cada uno llegar a su propio nivel avanzando tan rápidamente como pueda. La "nota" cambiará también de significado. En la práctica tradicional una C significa que un estudiante tiene un conocimiento superficial de todo un curso. Pero si la instrucción mecánica asegura dominio cabal en todo paso, una nota será útil solamente para mostrar *cuán lejos* ha avanzado un estudiante. C podría significar que está a mitad de camino a través de un curso. Dado suficiente tiempo, él podrá obtener una A; y puesto que A no es más que un motivador, esto será suficientemente justo.

El estudiante rápido habrá mientras tanto obtenido varias "A" en otras materias. Las diferencias en capacidad plantean otros problemas. Un programa diseñado para el estudiante más lento en el sistema escolar, probablemente no significará una grave pérdida de tiempo al estudiante rápido, quien estará libre para progresar a su propia velocidad. Puede aprovecharlo en llenar lagunas insospechadas en su repertorio de conocimientos. Si éste no es el caso, los programas pueden ser contruidos a dos o más niveles y los estudiantes pueden ser cambiados de uno a otro según sus desempeños. Si hay también diferencias en "tipos de pensar", el tiempo extra aprovechable para la instrucción mecánica puede ser usado para presentar una materia en formas adecuadas a los diferentes tipos. Cada estudiante presumiblemente retendrá y usará las formas que encuentre más útiles. La suerte de diferencia individual que surge simplemente porque un estudiante ha perdido parte de un desarrollo esencial (piénsese en el niño que no tiene "dominio matemático" porque estaba fuera con sarampión cuando las fracciones fueron enseñadas por primera vez), será eliminada totalmente.

Otros usos

La auto-instrucción a máquina tiene muchas ventajas especiales aparte de las que proporciona a las instituciones educacionales. El estudio en el hogar es un caso evidente. En el entrenamiento industrial y militar es a menudo inconveniente reunir a estudiantes en grupos y la instrucción individual por máquina podría ser una alternativa factible. Los programas pueden ser

también contruidos sobre materias en las cuales se carece de maestros especializados —por ejemplo, cuando nuevas clases de equipos deben ser explicados a operarios y reparadores, o donde un cambio arrasador de métodos encuentra maestros no preparados¹⁰. La educación algunas veces falla porque los estudiantes tienen impedimentos que convierten la relación normal con el maestro en difícil o imposible. (Muchos niños ciegos son tratados hoy como débiles mentales porque nadie ha tenido el tiempo o la paciencia de establecer el adecuado contacto con ellos. Sordomudos, espásticos y otros sufren impedimentos similares). Una máquina de enseñar puede ser adaptada a tipos especiales de comunicación —como por ejemplo, Braille, y, sobre todo la máquina tiene *infinita paciencia*.

Conclusión

Un análisis de la educación, dentro del marco de una ciencia de la conducta, tiene implicancias amplias. Nuestras escuelas, en particular las “progresivas”, son a menudo consideradas responsables de muchos problemas corrientes, incluyendo la delincuencia juvenil y la amenaza de una tecnología extraña más poderosa. Un remedio frecuentemente sugerido es la vuelta a técnicas más antiguas, especialmente a una mayor “disciplina” en las escuelas. Presumiblemente ésta habrá de obtenerse con algunas formas de castigo; será manejada ya sea con ciertos instrumentos clásicos de daño físico —la cola de buen seca del maestro griego o la caña del maestro inglés— o deberá ser como una desaprobación o fracaso, cuya frecuencia no ha de aumentarse por “patrones crecientes”. Esto probablemente no es una solución factible. No solamente la educación sino toda la cultura occidental se está alejando de prácticas repudiables. Nosotros no podemos preparar a los jóvenes para una clase de vida en instituciones organizadas sobre principios por completo diferentes.

La disciplina de la “vara” puede facilitar el aprendizaje, pero debemos recordar que fomenta seguidores de dictadores y revolucionarios.

A la luz de nuestro actual conocimiento, un sistema escolar debe ser considerado un fracaso si no es capaz de inducir a los estudiantes a aprender sin amenazas. Que éste haya sido siempre el modelo standard simplemente destaca la importancia de técnicas modernas. John Dewey hablaba para su cultura y su tiempo cuando atacaba las prácticas educacionales repudiables y pedía de los maestros el volcarse a métodos positivos y humanos.

Lo que él eliminó debía ser eliminado. Desgraciadamente tuvo demasiado poco para poner en su lugar. La educación progresiva ha sido una medida precaria que puede ahora ser efectivamente complementada. Las prácticas indeseables pueden no solamente ser cambiadas sino que pueden ser reemplazadas con técnicas mucho más poderosas. Las posibilidades deben ser completamente exploradas si hemos de construir un sistema educacional que satisfará la presente demanda sin sacrificar los principios democráticos.

NOTAS

¹ El Auto-Evaluador de la Marina es una ampliada versión de la máquina de Pressey. Los ítems están impresos en tarjetas plásticas o codificadas y dadas por la máquina. El tiempo requerido para responder es tomado en cuenta.

² S. L. PRESSEY, *School and society* 23, 586 (1926).

³ *Op. cit.* 36, 934 (1932).

⁴ B. F. SKINNER, "The Experimental Analysis of behavior", *American Scientist* 45, 4 (1957).

⁵ B. F. SKINNER, *Verbal Behavior* (Appleton-Century-Crofts, New York), 1957; y

⁶ B. F. SKINNER, "The science of learning and the art of teaching". *Harvard Educational Rev.* 24, 2 (1954).

⁷ Este material fue preparado con la ayuda de Susan R. Meyer.

⁸ El Dr. Homme preparó juegos de estructuras para enseñar parte de la física (cinemática) y la Sra. Meyer ha preparado y probado informalmente material en la lectura curativa y construcción de vocabulario al nivel del Junior High School. Otros que han contribuido al desarrollo de las máquinas de enseñar deben ser mencionados. Nathan H. Azrin cooperó conmigo en probar una variante de una máquina para enseñar aritmética. C. B. Ferster y Stanley M. Sapon usaron una máquina simple para enseñar alemán (Ver "An application of recent developments in psychology to the teaching of German", *Harvard Educational Rev.* 28, 1 (1958)). Douglas Porter de la Escuela de Graduados de Educación de Harvard ha hecho una prueba de clase independiente en una máquina en deletreo (Ver "Teaching Machines" *Harvard Graduate School of Educ. Asso. Bull.*, 3, 1 (1958)). Devra Cooper ha experimentado con la enseñanza de composición inglesa para alumnos de 1er. año en la Universidad de Kentucky. Thomas F. Gilbert, de la Universidad de Georgia, ha comparado instrucción común con mecánica en un curso introductorio en psicología, y con la colaboración de J. E. Jewett ha preparado material para álgebra. El Centro de Entrenamientos de Equipos Navales de EE.UU. ha contratado a la Universidad de Pennsylvania para un estudio de programas relacionados a la instrucción mecánica de hombres en servicio, bajo la dirección de Eugene H. Galanter.

⁹ B. F. SKINNER, *Science and Human Behavior* (Macmillan, New York, 1953).

¹⁰ K. MENGER, "New Approach to teaching intermediate mathematics", *Science* 127, 1320 (1958).

(Traducción de *Gustavo Cirigliano*)