

El ordenador como metáfora: Las posibilidades educativas de LOGO

Eduardo Martí *

Universidad de Ginebra

Infancia y Aprendizaje, 1984, 26, 47-64

YA no es ciencia ficción imaginar en cada hogar, entre el televisor y la lavadora, un ordenador. Lo que hace algunos años era privilegio de algunas empresas, estará mañana al alcance de cualquiera de nosotros. Nuestro entorno se va a microinformaticar aceleradamente. La escuela no escapará a esta evolución.

Ante este progreso tecnológico inexorable podemos tomar una actitud defensiva y rechazar el ordenador personal, temiendo las posibles consecuencias negativas que ocasionaría su adopción (mecanización de nuestra manera de pensar, deshumanización de las relaciones personales, aislamiento, desaparición del maestro, etc.). Si adoptamos esta postura pasiva permitiremos precisamente que las máquinas nos invadan con su lógica deshumanizante, a pesar nuestro. Pero podemos también aceptar el desafío informático para evitar una adaptación pasiva del individuo a la máquina. Debemos entonces tomar una actitud crítica ante los posibles usos del ordenador y establecer las bases de una epistemología informática basada en la idea de un aprendizaje autónomo y creativo.

Los ejemplos de rechazo vienen principalmente del mundo de los adultos. Pocas veces he visto niños que rehúsen aprender a programar o, si son más pequeños, a jugar con el ordenador. Muchas veces han sido ellos quienes me han enseñado cómo resolver algunos problemas de programación. Esta mejor disposición de los niños frente al ordenador no creo que venga tan sólo de la fascinación que puedan tener las máquinas para ellos. Las razones son más profundas. Ante un nuevo lenguaje, el niño se siente en general más libre que al adulto para adaptarse a las nuevas reglas de aprendizaje. Establece fácilmente analogías con otras parcelas de conocimiento que domina mejor, transfiriendo algunas de sus propiedades al nuevo entorno. Pero sobre todo, como veremos más adelante, la interacción con el ordenador

* *Dirección del autor:* Centre International d'Epistemologie Génétique. Université de Genève. 3, Place de l'Université. 1211 Genève 4 (Suiza).



permite una visión constante del propio proceso de aprendizaje, y de esta forma refleja nuestras dificultades, dudas y errores. El ordenador puede convertirse en un espejo de nuestra manera de pensar. Esto es generalmente más difícil de aceptar para un adulto, que tiene una visión rígida de su propio funcionamiento intelectual en la que sorpresas, errores y dificultades son escollos que hay que evitar, que para un niño. Y, precisamente, en estos conflictos cognitivos, en la medida en que el sujeto intenta superarlos, reside uno de los mayores atractivos de un aprendizaje con ordenador.

METAFORAS DEL ORDENADOR

Esta manera de concebir el ordenador —un objeto interactivo, posible revelador de nuestro funcionamiento cognitivo—, no corresponde a ninguna de las imágenes que se suele tener de él hoy día. El ordenador se ve, generalmente, como una máquina con memoria poderosa, que hace el tratamiento de datos más rápidamente que nosotros y sin equivocarse, una máquina que ordena, cuenta, almacena y repite. El ordenador se suele asimilar a una memoria, un registro, una calculadora o una archivadora. Nos ayuda porque tiene mayor memoria que nosotros, porque hace las operaciones con mayor rapidez, y no se cansa. Se ve como una herramienta sofisticada, como un objeto pasivo, con posibilidades limitadas y con funciones bien específicas programadas de antemano (calcular, memorizar, ordenar).

Estas imágenes del ordenador no son todas erróneas. Pero corresponden a un tipo de relación sujeto-máquina en la que el individuo no programa; utiliza sin ninguna invención las posibilidades inscritas en la máquina. Son imágenes que corresponden a la mayoría de las utilizaciones que se han hecho hasta ahora de los ordenadores.

Con la llegada de los microordenadores y sobre todo con la aparición de lenguajes de programación de fácil acceso, basados en una epistemología constructivista del proceso de aprendizaje —como el lenguaje LOGO, creado por Papert (1981)—, el ordenador engendra nuevas imágenes y metáforas. Puede ser visto como ser viviente (tal como a veces lo conciben los pequeños), como objeto capaz de responder, de competir, de mentir o de resistir a nuestra voluntad; como objeto multifuncional (sirve para jugar, para aprender, para escribir, para memorizar, para dibujar, etc.); como enlace de comunicación; como objeto de nuestro pensamiento (el objeto «to think with», de Papert) o como revelador de nuestra propia manera de pensar.

Estas metáforas reflejan una concepción mucho más interesante de la relación sujeto-máquina, que nos permite vislumbrar la integración del ordenador en un proceso educativo interactivo y autónomo en el que el sujeto lleva la iniciativa.

EL ORDENADOR COMO METAFORA

Hasta aquí he analizado algunas metáforas, importantes en la medida en que nos pueden informar sobre la concepción espontánea que los sujetos tienen del ordenador, y sobre el tipo de relación que

pueden establecer con él. Son ejemplos de imágenes y metáforas que toman el ordenador como objeto de comparación (el ordenador es como...). Pero es más importante invertir los términos de la comparación y preguntarnos si el aprender a programar puede servirnos de núcleo de experiencias paradigmáticas que podemos transferir a otros contextos. En este caso el ordenador se convierte en el origen de nuevas metáforas.



Ya en el diálogo corriente, conceptos como «control», «procedimiento», «iteración», «recursividad», van siendo empleados para designar ciertos aspectos del funcionamiento cognitivo en analogía con algunos momentos de la actividad de programación.

Con el ordenador tenemos la posibilidad de crear parcelas de conocimiento, regidas por una serie de reglas determinadas. Estos entornos informáticos han sido llamados «micromundos» (Lawler, 1982; Papert, 1981). Podemos actuar en ellos, modificar parámetros, controlar el resultado de nuestras acciones, cambiar nuestras anticipaciones sobre el efecto de tal o cual variable, etc. Estos micromundos constituyen experiencias ejemplares que nos pueden ayudar a comprender mejor ciertas áreas del conocimiento algebraico, geométrico, lógico, físico, lingüístico o musical. Por ejemplo, el niño que programa con LOGO y ha de controlar el movimiento de una guía luminosa en la pantalla para realizar dibujos, se familiariza con conceptos geométricos (ángulo, cambio de dirección, concavidad, simetría, etc.). De manera análoga, el sujeto que intenta dirigir un objeto dándole impulso en diferentes direcciones puede llegar a tener acceso a las leyes de Newton.

Pero sobre todo, la programación puede darnos acceso a heurísticas (métodos generales que adoptamos para abordar un problema y que guían nuestras acciones en la búsqueda de la solución) que nos podrán ser útiles en la resolución de todo tipo de problemas y de manera general en nuestros aprendizajes. Así, subdividir un problema en varios subproblemas, proponerse finalidades intermediarias para acercarse progresivamente a la solución de un problema, integrar un procedimiento ya definido en otro más complejo, buscar el origen del error de un procedimiento a través del análisis del encadenamiento de sus partes, son algunos ejemplos de heurísticas con las que nos podemos familiarizar programando con LOGO. Estas diferentes maneras de abordar un problema pueden convertirse en instrumentos importantes en nuestros futuros aprendizajes. Sólo entonces el ordenador puede realmente convertirse en una metáfora educativa.

LOGO Y SUS POSIBILIDADES EDUCATIVAS

Lo que está en juego es claro: la tecnología informática no es peligrosa en sí. Nos ofrece una serie de posibilidades cada vez mayores y más adaptables. De nosotros depende el evitar una utilización alienante de las máquinas. Por esto lo que sí es urgente es definir un tipo de utilización de los ordenadores que corresponda a un desarrollo armónico y autónomo de la persona. Nos hace falta una filosofía informática que guíe la utilización que haremos de las computadoras. Más concretamente, si nos interesamos por el aprendizaje y la educa-



ción, deberíamos definir las bases de una epistemología informática adaptada al individuo que aprende.

Seymour Papert ha propuesto las líneas generales de esta epistemología, basándose en las ideas de Piaget (Papert, 1981). Simultáneamente, con un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT), ha creado un lenguaje de programación, LOGO, cuya concepción ha sido guiada por dicha epistemología. Una de las ventajas de LOGO es que puede fácilmente adaptarse a sujetos de diferentes edades².

La concreción de LOGO más utilizada hasta ahora con los niños es la gráfica. Una serie de instrucciones elementales, seguidas de un parámetro (ADELANTE n, ATRAS n, DERECHA n, IZQUIERDA n), provocan el movimiento de una guía luminosa —denominada tortuga—, movimiento que puede dejar rastro. A partir de estas simples instrucciones el niño puede irse familiarizando con la programación y ver concretamente el resultado de sus programas. Además, el ordenador no sólo ejecuta las instrucciones que se le dictan. También indica el origen de ciertos errores que comete el sujeto al programar. Junto a proyectos realizados paso a paso (instrucción-ejecución, instrucción-ejecución, etc.), LOGO permite integrar varias instrucciones en un procedimiento. El sujeto puede nombrar como quiera el procedimiento que acaba de definir y utilizarlo más tarde en otros proyectos.

Por ejemplo, llamemos CUAD al procedimiento definido por la siguiente serie de instrucciones:

```
PARA CUAD
ADELANTE 100
DERECHA 90
ADELANTE 100
DERECHA 90
ADELANTE 100
DERECHA 90
ADELANTE 100
DERECHA 90
FIN
```

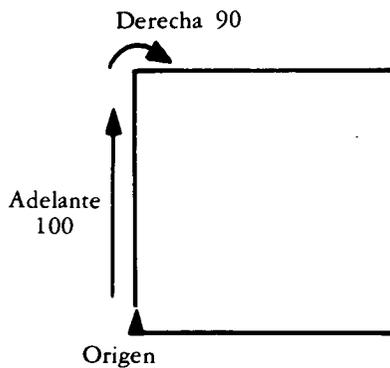


FIGURA 1

La tortuga parte del origen, y mira hacia arriba. Las instrucciones relativas al giro (DERECHA 90) tan sólo hacen pivotar a la tortuga (en este caso de 90°). La instrucción ADELANTE 100 la hace avanzar de una cierta distancia en la orientación que muestra en aquel momento.

Una vez definido el procedimiento CUAD, el ordenador memoriza las instrucciones que lo componen y cada vez que el sujeto escriba el nombre CUAD, la tortuga dibujará un cuadrado.

El procedimiento CUAD puede, a su vez, integrarse en un procedimiento más complejo como subprocedimiento. Definamos «REJA».



PARA REJA
CUAD DERECHA 90
FIN

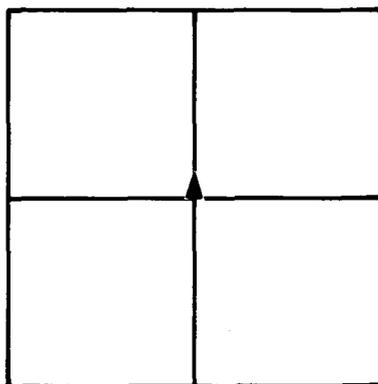


FIGURA 2

Ejemplo del procedimiento que utiliza CUAD, previamente definido, para realizar un dibujo más complejo.

Evidentemente, el procedimiento REJA puede a su vez integrarse en procedimientos más complejos.

No voy a entrar en descripciones detalladas de las características programáticas de LOGO. El lector puede encontrarlas, por ejemplo, en el «Manual de Abelson» (1984). Lo que me interesa es evaluar algunas posibilidades de LOGO como instrumento pedagógico, basándome en una concepción del proceso educativo propia a la teoría genética. Ilustraré algunos de los puntos con ejemplos de observaciones de niños aprendiendo a programar con LOGO³.

1. LOGO está basado en unidades significativas para el niño

La psicología genética nos ha mostrado la importancia que tiene para el sujeto que aprende o que resuelve un problema, la asimilación de cualquier dato a esquemas de acción, operaciones o estructuras cognitivas del sujeto (ver, por ejemplo, Inhelder, Sinclair y Bovet, 1975; Inhelder et al., 1976). Cuando un sujeto afronta un nuevo objeto de conocimiento posee siempre una serie de marcos asimiladores más o menos ricos en contenido, más o menos estructurados, más o menos apropiados a la situación. Entre estos marcos asimiladores y el objeto de conocimiento debe establecerse un desfase óptimo (Coll, 1983, pág. 199), sin el cual todo aprendizaje puede resultar comprometido. En uno de los casos extremos, cuando la situación es totalmente ajena a los esquemas que posee el sujeto, éste no tendrá posibilidad alguna de atribuirle una significación, atribución necesaria en todo aprendizaje.

A diferencia de otros lenguajes de programación, las unidades primitivas de LOGO (en su realización gráfica) forman parte de con-

ductas familiares a los niños y pueden ser representadas concretamente por ellos. En efecto, «adelante», «atrás», «derecha», «izquierda», son instrucciones que corresponden a acciones frecuentemente realizadas por los niños en sus desplazamientos o en sus actividades gráficas. Existe, pues, la posibilidad de hacer ejecutar al sujeto las instrucciones que se dan al ordenador. El niño puede «hacer de tortuga» y controlar así, a través de sus propias acciones, el itinerario de la tortuga. Esta posibilidad de identificarse con la tortuga facilita enormemente el primer acercamiento del niño al ordenador. El entorno informático es concreto y de cierta manera familiar. Ofrece, además, la posibilidad de plantear una serie de investigaciones psicológicas relativas a las nociones de instrucción, explicitación de informaciones e intercambio de roles: el niño puede sucesivamente jugar el papel de instructor (debe entonces explicitar de manera no ambigua las instrucciones) y de ejecutor de órdenes.

Hay que señalar, sin embargo, que la identificación con la tortuga ofrece ciertas dificultades a los niños. El movimiento de locomoción de la tortuga es a veces asimilado al movimiento gestual del niño y no a su movimiento de locomoción. En vez de moverse como la tortuga con el fin, por ejemplo, de anticipar el trazado de un dibujo, el niño simula el movimiento de la tortuga con la mano, como si estuviera dibujando en la pantalla y no desplazando todo su cuerpo. Esto provoca algunas confusiones, pues entran en conflicto el referencial de la tortuga (espacio de locomoción) y el referencial del niño (espacio gráfico). En estos casos el sujeto tiende a anticipar el movimiento de la tortuga adoptando el referencial de su propio cuerpo. Por ejemplo, son frecuentes los errores de dirección cuando la tortuga está mirando hacia abajo. La izquierda de la tortuga corresponde entonces a la derecha del niño y la izquierda de éste a la derecha de la tortuga. Los sujetos suelen en estos casos invertir la dirección del cambio de movimiento. Como lo muestra la figura 3, para realizar un trayecto ABC las instrucciones necesarias serían ADELANTE una cierta distancia (pongamos 40), IZQUIERDA 90° y ADELANTE 40.

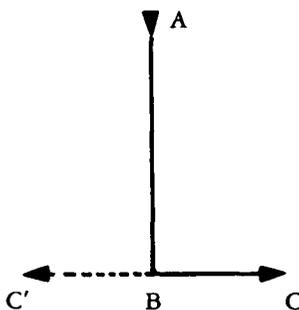


FIGURA 3

Dificultades en la anticipación del cambio de dirección del movimiento cuando la tortuga mira hacia la parte inferior de la pantalla.

Los sujetos suelen proponer al principio ADELANTE 40, DERECHA 90° Y ADELANTE 40, lo que realiza el trazado ABC'.

2. El aprendizaje es constructivo y se efectúa al ritmo del niño



Un aspecto esencial de cualquier aprendizaje y resolución de un problema es la planificación que el sujeto hace de sus acciones para alcanzar el objetivo deseado (ver, por ejemplo, Schank y Abelson, 1977). Aunque el sujeto no tenga siempre una visión de conjunto de las acciones que debe realizar ante un problema determinado, intenta acercarse a la solución emitiendo previsiones e inferencias que guían sus acciones. Organiza a su manera los medios que podrán llevarle a encontrar la solución.

Respetar la particularidad de las estrategias de cada sujeto cuando aprende o resuelve un problema en un objetivo pedagógico esencial, muchas veces proclamado por psicólogos y pedagogos, pero puesto en práctica en muy pocas ocasiones. Las razones de esta dificultad son múltiples y complejas. Entre ellas creo que está el tipo de material didáctico que mediatiza el aprendizaje. La mayoría de las veces el material didáctico disponible no permite revelar más que una gama muy estrecha de estrategias de aprendizaje. En muchos casos sólo permite sancionar el éxito o el fracaso del alumno.

Con LOGO, el sujeto puede decidir qué proyectos quiere realizar y qué informaciones suplementarias necesita para realizarlos. La tarea del educador no consiste en enseñarle a programar, sino en responder a sus demandas precisas aportándole nuevos elementos del lenguaje de programación. Esto facilita la aparición de estrategias variadas, pues es el niño que organiza a su manera las informaciones que posee en un momento dado para resolver un problema que en general el mismo ha planteado. Veamos dos casos extremos.

Hay niños que se pasan horas y horas controlando paso a paso sus realizaciones, sin querer integrar las instrucciones en unidades complejas. Es la estrategia que podríamos llamar de «pilotaje» (Wertz, 1981). El niño guía paso a paso la tortuga para realizar un dibujo, ejecutando a cada momento la nueva instrucción. Muchas veces cambia de proyecto a mitad de realización adaptándose a circunstancias imprevisibles de su dibujo. Lo que es importante para él es la necesidad de controlar a cada momento lo que ha ordenado a la máquina; teme las sorpresas que pueden surgir si integra demasiadas informaciones. Es lo que se ha caracterizado como un estilo «soft» de aprender.

Tenemos un ejemplo de este tipo de estrategia en el comportamiento de Carole, de 10 años de edad. En sus primeras sesiones LOGO, Carole hacía sus dibujos ordenando a la tortuga moverse con desplazamientos extremadamente pequeños (los «ADELANTE» iban seguidos de números pequeños). Los cambios de dirección los efectuaba también poco a poco, haciendo girar la tortuga hasta que se encontrase en la dirección deseada. A veces, el proyecto de hacer un dibujo determinado sólo aparecía después de una fase de exploración libre en la que Carole iba navegando de un lado para otro sin finalidad precisa.

Esta tendencia a controlar de manera local los resultados de cada instrucción estaba muy arraigada en el modo de actuar de Carole. En un momento dado le mostré la posibilidad de escribir una serie de instrucciones y de ejecutarlas sólo al final, de manera íntegra (la tortuga ejecuta entonces sin pararse las instrucciones sucesivas). Carole



quedó encantada al ver esta posibilidad, pero siguió espontáneamente haciendo sus dibujos paso a paso.

Hay otros niños que, por el contrario, anticipan directamente la totalidad de un proyecto y construyen el procedimiento que les permitirá realizarlo en dos etapas: descomposición del dibujo en unidades traducibles en LOGO e integración de estas unidades en un procedimiento único. Por ejemplo, para hacer un cuadrado pueden emplear la instrucción «REPITE», pues al repetir cuatro veces las instrucciones ADELANTE (una cantidad cualquiera) y DERECHA (o IZQUIERDA) 90 obtendrán un cuadrado. En efecto, si por ejemplo hacemos ejecutar las instrucciones REPITE 4 (ADELANTE 60 DERECHA 90), la tortuga dibuja un cuadrado (cuyo lado tiene una longitud de 60 pasos), y gira a la derecha en cada vértice.

Son niños que en seguida yuxtaponen una serie de instrucciones en vez de ejecutar cada una de ellas por separado. Anticipan con facilidad lo que va a realizar la tortuga si le dictan varias instrucciones a la vez. Tienen más facilidad para emplear un método «procedural»: en vez de pilotar la tortuga paso a paso definen una serie de procedimientos y subprocedimientos integrados. Es lo que se ha llamado estilo «hard» de aprender.

La oposición «soft»-«hard» puede parecer simplista. Raras veces he podido observar sujetos que tan sólo emplean la modalidad de pilotaje en sus proyectos. O sujetos que planifican siempre con antelación y de manera completamente integrada una serie de procedimientos. La mayoría de estrategias son mixtas, y lo que resulta interesante es precisamente comprender las razones que llevan al niño a utilizar, según las situaciones, una estrategia de control inmediato (control local) o una estrategia de control diferido (control global) (Dionnet, Marti, Vitale y Wells, en prensa). Más allá de la oposición «soft»-«hard», lo que me parece importante es que la programación con LOGO permite que diferentes estrategias se manifiesten en el proceso de aprendizaje.

El niño tiene, pues, la oportunidad de construir sus proyectos etapa tras etapa. Esto le permite sentirse el autor de sus realizaciones, lo que le da una fuerte motivación, ausente en la mayoría de los aprendizajes escolares en los que ni siquiera los objetivos inmediatos son definidos por las personas que aprenden. Hay que ver con qué satisfacción los niños muestran a sus compañeros los resultados que han obtenido, y hasta qué punto alguno de estos proyectos constituye un modelo a reproducir.

Estas circunstancias, junto a algunas otras como la posibilidad de consultar y de comunicar a cada momento el contenido de cualquier programa, favorecen la discusión y el intercambio de ideas. Por esto, el trabajo en grupo con LOGO pone de manifiesto un gran dinamismo comunicativo, hecho que contradice el temor tan extendido de pensar que el aprendizaje con los ordenadores crea aislamiento y deshumanización.

3. El aprendizaje es interactivo

en los años 40, con el fin de combatir la posición empirista (y también en cierto modo la posición idealista) (ver, por ejemplo, Piaget, 1977).



Esta interacción, constante intercambio entre el sujeto y los objetos de conocimiento, tiene su vertiente funcional en dos procesos recíprocos, la asimilación y la acomodación. Todo objeto es asimilado a acciones, operaciones o estructuras del sujeto, pero estos marcos asimiladores deben acomodarse a las particularidades de los objetos o de las situaciones. Lo que caracteriza el proceso de conocimiento (y también el proceso de aprendizaje y de resolución de problemas) es la constitución de un equilibrio, siempre precario y móvil, entre la asimilación y la acomodación. Son los desequilibrios entre estas dos funciones lo que obligan al sujeto a superar el estado actual de su conocimiento, a buscar nuevas formas de reequilibración (Piaget, 1978).

Si aceptamos este postulado general de la teoría genética, es evidente que favoreceremos el aprendizaje de los alumnos si les ofrecemos situaciones didácticas que se presten a este constante vaivén entre la asimilación y la acomodación. El proceso de aprendizaje estará más en acorde con el proceso natural de conocimiento si la situación didáctica permite un juego constante entre, por un lado previsiones, anticipaciones e inferencias, y, por otro lado, lecturas, constataciones y verificaciones. Iremos aún más lejos si logramos que el sujeto evalúe cualitativamente la naturaleza de los desfases entre sus previsiones y sus constataciones, pues esto le permitirá ir reorganizando sus conocimientos.

LOGO permite a la vez un constante vaivén entre anticipación y lectura de resultados, y da información concreta del tipo de error cometido en caso de desfase entre ambas. En efecto, el sujeto puede decidir en qué momento desea concretar el objetivo que persigue (una figura geométrica, una escena animada, un juego, etc.), pues puede verificar a cada momento el resultado de su programa haciendo ejecutar a la máquina las instrucciones que desea. De esta manera obtiene el resultado preciso de la ejecución (en el caso que nos ocupa es siempre una concreción gráfica). Este resultado es muchas veces distinto del objetivo que el sujeto persigue (por ejemplo, obtiene un polígono en vez de un círculo).

Además, en algunos casos, cuando las instrucciones que ha escrito no se acomodan a las exigencias del lenguaje, el sujeto tiene también información sobre el tipo de error que ha cometido. Son los mensajes de error de LOGO —«no sé qué hacer con esta instrucción, «a ADELANTE no le gusta recibir IZQUIERDA como información», «este símbolo es una variable», «este procedimiento ya está definido», «este nombre designa una instrucción primitiva», etc.—. Aunque algunos de estos mensajes de error son simples informaciones sobre errores sintácticos, otros presentan un interés cognitivo; pues remiten a nociones importantes (variable, recursión, subprocedimiento, parámetro, etc.).

Lo que es evidente es que esta posibilidad de respuesta que posee LOGO es acogida con mucha curiosidad y diversión por parte de los niños que empiezan a programar. Es una manera concreta de hacerles ver que el ordenador tiene su propia manera de funcionar y de comprender lo que le dicen y que para poder comunicar hay que respetar ciertas reglas.



Pero el primer tipo de interacción —la que se establece entre las previsiones que hace el sujeto sobre lo que obtendrá y la constatación del resultado que efectivamente obtiene— es más interesante, pues nos da la posibilidad de seguir toda la serie de compensaciones y reajustes que el sujeto hace hasta alcanzar el objetivo que se ha propuesto.

Es el ejemplo que nos da Carlos, de 11 años de edad, cuando intenta dibujar un círculo. Empieza proponiendo una serie de ADELANTE 90 DERECHA 90, se da cuenta de que puede emplear la instrucción «REPITE» y escribe:

REPITE 100 (ADELANTE 90 DERECHA 90).

Justifica el número elevado de repeticiones alegando que la tortuga debe girar muchas veces y que si sólo pone 10 veces tal vez se pare a mitad de camino. Luego, simulando el movimiento de la tortuga con su mano, explica que la tortuga avanza (la instrucción «ADELANTE»), que como ha puesto DERECHA 90, girará, y que como ha repetido muchas veces, seguirá girando y hará el círculo. Hace ejecutar las órdenes y se queda sorprendidísimo al ver el resultado (fig. 4).

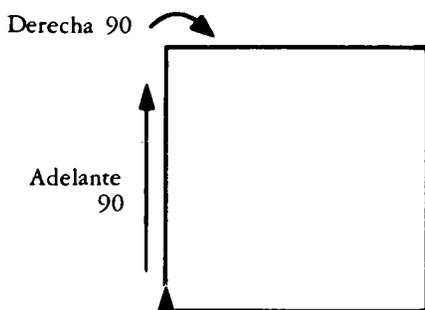


FIGURA 4

Dibujo que resulta de la instrucción REPITE 100 (ADELANTE 90 DERECHA 90) que Carlos propone para dibujar un círculo. Antes de pararse, la tortuga sigue pasando por el mismo trazado unas 20 veces.

Carlos propone entonces repetir muchas veces más las instrucciones para estar seguro de que la tortuga girará. No se da cuenta de que este aumento de las repeticiones no tendrá ningún efecto sobre la forma de la figura y que la única manera de lograrlo es modificar el valor del ángulo.

Al comprobar que su nuevo intento acaba dando también un cuadrado, varía los parámetros de la traslación y del giro. Propone: REPITE 100 (ADELANTE 60 DERECHA 60).

Justifica la repetición del parámetro «60» diciendo que la tortuga «debe avanzar la misma distancia y girar de la misma cantidad, si no haría un óvalo». Al ver el resultado (fig. 5) se exclama: «¡tiene 6 lados, yo no le había pedido seis lados!»

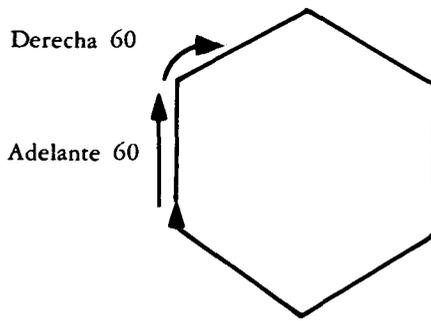


FIGURA 5

Dibujo que resulta de las instrucciones REPITE 100 (ADELANTE 60 DERECHA 60) que Carlos propone para dibujar un círculo.

Después de otros intentos, correcciones y algunas sugerencias del adulto, Carlos acaba proponiendo un procedimiento en el que reduce la magnitud de los dos parámetros, lo que le permite dibujar una figura curvilínea.

4. El aprendizaje con LOGO da otro estatuto al error

Con el ejemplo que acabamos de ver nos damos cuenta de la importancia que tienen las correcciones sucesivas que hace el sujeto de las instrucciones que va proponiendo para realizar su proyecto. Estas correcciones tienen su origen en la evaluación del desfase entre previsión y resultado. Hemos visto como LOGO facilita esta comparación y ofrece al niño la oportunidad de verificar constantemente sus anticipaciones. En este proceso de corrección el error juega un papel primordial. Es el error (y el conflicto que provoca en el sujeto) lo que motiva a este último a buscar una nueva solución al problema que se plantea.

Cuando estudió el tema de la contradicción, Piaget subrayó la importancia de los desequilibrios y de los conflictos cognitivos en el progreso del desarrollo en el niño (Piaget, 1978). Paralelamente, Inhelder, Sinclair y Bovet (1975) mostraron el papel de los desfases y conflictos entre diferentes campos cognitivos en el aprendizaje de ciertas estructuras cognitivas. Recientemente, el estudio de las estrategias que utilizan los sujetos en la resolución de problemas concretos también ha puesto de manifiesto la importancia del error y del conflicto (ver, por ejemplo, Boder, 1982). Para el psicólogo el error es un índice valioso del funcionamiento cognitivo del sujeto; para el sujeto puede ser un factor motivacional de gran importancia.

El error no es un aspecto del aprendizaje que hay que eliminar cueste lo que cueste como antaño lo creía una concepción de tipo «enseñanza programada», más preocupada por el producto final de un aprendizaje que por el proceso mismo de aprender. Pero lo difícil es conseguir que el alumno no asocie el error con el sentimiento de fracaso, pues esto puede comprometer sus futuros aprendizajes. Para lograrlo no es suficiente basar los aprendizajes en una psicología que da un estatuto positivo al error. Hay que ofrecer al alumno una situación didáctica capaz de potenciar el aspecto motivacional y organizador del error.





LOGO responde en cierto modo a esta exigencia, pues, como hemos visto, no sanciona de manera extrema el error, sino que indica de manera concreta y cualitativa la naturaleza de la dificultad. Permite una reelaboración continua de las proposiciones que van haciendo los sujetos.

La programación se convierte de este modo en un proceso de rectificación de errores, dificultades inevitables cuya corrección es una condición necesaria para progresar. En el lenguaje de programación ya no se habla de «error», seguramente para evitar la connotación negativa de este concepto. Un nuevo término «bug» —que en americano viene a significar «dificultad», «defecto», «obstáculo»— es empleado para designar las inadecuaciones entre el resultado deseado y el resultado obtenido. El «debugging» constituye para el sujeto la pieza esencial de su trabajo con el ordenador. Y no olvidemos que constituye para el psicólogo un revelador privilegiado de la conducta del sujeto, pues pone de manifiesto los límites de la aplicación de algunos esquemas cognitivos en situaciones bien determinadas e indica el papel que pueden jugar ciertas intuiciones en la resolución de problemas (Di Sessa, 1980; Boder y Marti, 1983).

5. LOGO facilita la reflexión sobre la propia actividad de aprendizaje

Los trabajos de Piaget sobre la toma de conciencia (Piaget, 1974) han puesto de manifiesto que esta última es un proceso que procede de la periferia para ir progresivamente funcionando en el centro: el sujeto empieza a tomar conciencia del fracaso o del acierto de sus acciones comparando la finalidad perseguida con el resultado obtenido —aspectos periféricos del comportamiento—; progresivamente puede ir tomando conciencia de elementos más centrales de su comportamiento (reconocer los medios que ha empleado en la resolución de un problema, comprender por qué los ha escogido, por qué los ha modificado, etc.).

Uno de los factores necesarios para que el sujeto pueda afrontar un conflicto y rectificar su estrategia con vistas a alcanzar un objetivo determinado es, pues, la toma de conciencia de las causas del desequilibrio en que se encuentra. Aunque sea consciente del fracaso de sus acciones (aspecto periférico), el sujeto puede perseverar y permanecer en una situación de bloqueo si no tiene la posibilidad de darse cuenta de las causas de su error (aspecto central), condición indispensable para que pueda modificar su estrategia. Es cierto que el desarrollo cognitivo tiende de manera natural a esta toma de conciencia cada vez más diferenciada de las acciones que se realizan para alcanzar un objetivo determinado. Sin embargo, las situaciones de aprendizaje serán más idóneas y darán mayor autonomía al sujeto si favorecen la toma de conciencia de su propia manera de actuar.

Acabamos de ver que LOGO facilita la identificación y la evaluación del desfase entre las previsiones que el sujeto hace para conseguir un objetivo dado y el resultado que obtiene. Al mismo tiempo, al exigir que las instrucciones que se den a la máquina sean explícitas, LOGO obliga al sujeto a formular de manera declarativa y exhaustiva

todas las informaciones necesarias para resolver un problema determinado. El sujeto tiene la ocasión de objetivar con mayor facilidad los medios que ha empleado para intentar resolver un problema, pues los debe explicitar uno a uno en el lenguaje de la máquina.



Tomemos de nuevo como ejemplo paradigmático el dibujo de un cuadrado. Tenemos tanta costumbre de dibujar esta figura que ignoramos las informaciones que necesitaríamos comunicar a un sujeto ignorante para que la dibujase. Estas instrucciones no son simples. Pensemos que un niño de dos años y medio es incapaz de dibujar un cuadrado. Para lograrlo habrá de adquirir la capacidad: 1) de dibujar figuras cerradas, 2) de distinguir los trazos rectilíneos de los curvilíneos y 3) de conservar la amplitud del ángulo recto en cada vértice. Lo conseguiremos hacia los cuatro años.

Salvando las distancias, cuando tenemos que programar por primera vez el dibujo de un cuadrado estamos un poco en la situación de un niño pequeño que debe elaborar cada una de las propiedades del cuadrado. Debemos hacerlas explícitas en el lenguaje del ordenador. Esta necesidad nos permite comprender mejor el concepto de cuadrado. Es una comprensión activa. Como dice Papert, lo que interesa no es que el niño tan sólo comprenda matemáticas, es, sobre todo, que las haga (Papert, 1983).

Carlos nos ofrece otro ejemplo de esta necesidad de explicitación en el trabajo con LOGO. Habiendo definido anteriormente el procedimiento CUADRADO —REPITE 4 (ADELANTE 90 DERECHA 90)—, Carlos quiere utilizarlo para hacer una composición de dos cuadrados (fig. 6).

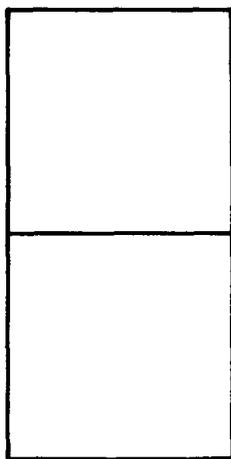


FIGURA 6

Dibujo que se propone realizar Carlos utilizando el procedimiento CUADRADO, previamente definido.

Para llevar a cabo su proyecto define el procedimiento VENTANA —CUADRADO CUADRADO—, lo hace ejecutar y se da cuenta de que el resultado es un cuadrado único (en realidad la tortuga ha pasado dos veces sobre el mismo trazado). Comprende que si no da ninguna instrucción suplementaria, la tortuga parte siempre del mismo lugar y



con la misma orientación, lo que provoca la repetición de la misma figura en el mismo emplazamiento. Modifica su procedimiento de la manera siguiente:

PARA VENTANA
CUADRADO IZQUIERDO 180 CUADRADO
FIN

Su intención es, pues, hacer girar la tortuga de 180° después del primer cuadrado, para que el segundo cuadrado se dibuje abajo. Obtiene el dibujo representado en la figura 7.

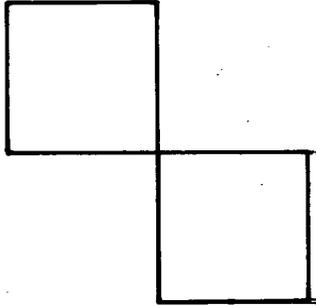


FIGURA 7

Resultado del nuevo procedimiento VENTANA en el que la tortuga parte cabeza abajo para dibujar el segundo cuadrado.

Sorprendido por este resultado inesperado, Carlos se da cuenta de que no es suficiente analizar la orientación de la tortuga antes de dibujar el segundo cuadrado. Tiene que integrar además el tipo de información contenida al interior del procedimiento CUADRADO (sobre todo el sentido del giro, en este caso, derecha), pues es el que determina la orientación del trazado de cada uno de los cuadrados. Finalmente propondrá la solución correcta:

PARA VENTANA
CUADRADO DERECHA 90 ADELANTE 90 DERECHA 90
CUADRADO
FIN

Con este ejemplo nos damos cuenta de la necesidad que tiene el sujeto de explicitar informaciones que suelen quedar ocultas en otro tipo de tareas. Este trabajo de análisis le lleva a tomar conciencia de aspectos importantes de sus acciones y le permite avanzar en la corrección de errores.

CONCLUSIONES

Vemos que son tres las dimensiones esenciales que caracterizan el aprendizaje con LOGO.

1. En el plano de la motivación, LOGO ofrece al niño un tipo de aprendizaje radicalmente nuevo en el que puede sentirse autor de sus realizaciones, pues las va construyendo paso a paso. Un tipo de apren-

dizaje que permite un control constante de los resultados y que da un estatuto positivo al error. Un aprendizaje basado en esquemas de acción familiares, un aprendizaje que facilita la discusión y el intercambio de ideas.



2. En cuanto al contenido, LOGO permite la adquisición de conceptos (sobre todo matemáticos, pero también físicos, lingüísticos y musicales). La ventaja es que muchos de estos conceptos son tratados por el sujeto de manera indirecta, pues los realiza en el seno de tareas cuyo objetivo inmediato no es el de aprender tal o cual concepto escolar, sino dibujar (en el caso de la geometría de la tortuga), o encontrar estrategias variadas en juegos de simulación o crear estructuras rítmicas, etc.

Hay que reconocer que han sido muy escasas las aplicaciones de LOGO con el objetivo de crear contenidos didácticos bien delimitados. Hasta ahora se han analizado las conductas de sujetos de diferentes edades aprendiendo LOGO sin ninguna evaluación precisa de sus aprendizajes. Tal vez este tipo de evaluación sea prematuro, o tal vez, como lo defiende Papert, lo que interesa no es una definición precisa de contenidos didácticos, sino la creación de un entorno informático que facilite nuevas maneras de aprender.

No obstante, una labor de investigaciones psicopedagógica que plantee el problema del aprendizaje de contenidos específicos a través de LOGO (o de lenguajes afines) es primordial.

3. Lo que es esencial es que LOGO permite que el niño desarrolle heurísticas en la resolución de problemas, maneras generales de aprender que le podrán ser útiles en variadas ocasiones. Esta posibilidad que ofrece LOGO de analizar y elaborar la propia actividad de aprendizaje tal vez sea la más importante, pues permite al niño una mayor autonomía en la adquisición de sus futuros conocimientos.

Temo que esta exposición de las posibilidades que ofrece LOGO en el campo educativo haya dado la impresión de que LOGO es una panacea educativa milagrosa. Es cierto que he subrayado principalmente los aspectos positivos de LOGO. No he considerado los límites de este lenguaje de programación (la utilización de algunas unidades de base difícilmente abordables para los pequeños, la imposibilidad de animar simultáneamente diferentes objetos, la ausencia de la velocidad como parámetro manipulable, el carácter abstracto de la manipulación de listas, etc.). Pero creo que es más importante hablar de una filosofía LOGO que centrarse en la particularidad del lenguaje LOGO. Este no es más que el resultado actual, parcial y provisional de la búsqueda de lenguajes interactivos que favorecen aprendizajes más autónomos. En este sentido, LOGO es el símbolo de una manera de concebir la utilización de los microordenadores en el proceso educativo que contrasta grandemente con otros tipos de utilización en los que el ordenador acaba siendo una nueva máquina de transmisión de conocimientos. En estos casos, cuando el ordenador no es más que un instrumento autoritario de transmisión unilateral de conocimientos, las potencialidades más innovadoras del ordenador se desechan. Se sigue haciendo una pedagogía tradicional... pero con máquinas.

No creo que lo más urgente sea llenar las aulas de microordenadores. Lo que me parece indispensable es una labor de investigación



interdisciplinar entre pedagogos, psicólogos e informáticos con el objeto de estudiar las condiciones de una utilización de los ordenadores que se base en una epistemología constructiva y que optimice las nuevas posibilidades de la microinformática.

Referencias

- ABELSON, H.: *Le LOGO sur Apple*. París: Cedic/Nathan, 1984.
- BODER, A.: *Le rôle organisateur du schème familial en situation de résolution de problèmes*. Tesis de doctorado. Ginebra, 1982.
- BODER, A., y MARTI, E.: «Le rôle de l'explicitation des connaissances intuitives joué par le langage LOGO». En A. Giordan y J. L. Martinaud (Eds.). *Quels types de recherches pour rénover l'éducation en sciences expérimentales?* Actes de la V Journées internationales sur l'éducation scientifique. Chamonix, 1983.
- COLL, C.: «La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje». En C. Coll (Ed.). *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid, Siglo XXI, 1983.
- DIONNET, S.; MARTI, E.; VITALE, B., y WELLS, A.: «Représentation et contrôle global-local du mouvement chez l'enfant dans la programmation LOGO». *Revue Française de Pédagogie*. En prensa.
- DI-SESSA, A.: «Computation as a physical and intellectual environment for learning physics». *Computation and Education*, 1980, 4, 67-75.
- GREEN, T. R. G.: «Learning big and little programming languages». En A. C. WILKINSON (Ed.). *Classroom computers and cognitive science*. Nueva York: Academic Press, 1983.
- INHEDER, B.; ACKERMAN-VALLADAO, E.; BLANCHET, A.; KARMLOFF-SMITH, A.; KILCHER-HAGERDON, J.; MONTANGERO, J., y ROBERT, M.: «Des structures cognitives aux procédures de découverte». *Archives de Psychologie*, 1976, vol. XLIV, 171, 57-72.
- INHEDER, B.; SINCLAIR, H., y BOVET, M.: *Aprendizaje y estructuras del conocimiento*. Madrid: Morata, 1975.
- LAWLER, R.: «Designing computer microworlds». *Byte*, 1982, 7, n.º 8, 138-160.
- PAPERT, S.: *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galapago, 1981.
- PAPERT, S.: «Enseñar a los niños a ser matemáticos versus enseñar matemáticas a los niños». En C. Coll (Ed.). *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid: Siglo XXI, 1983, 129-148.
- PIAGET, J.: *Introducción a la epistemología genética*. Buenos Aires: Paidós, 1977.
- PIAGET, J.: *La toma de conciencia*. Madrid: Morata, 1974.
- PIAGET, J.: *La equilibración de las estructuras cognitivas*. Madrid: Siglo XXI, 1978.
- PIAGET, J.: *Investigaciones sobre la contradicción*. Madrid: Siglo XXI, 1978.
- REGGINI, H.: *Alas para la mente. LOGO: un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar*. Buenos Aires: Galapago, 1982.
- SCHANK, R. C., y ABELSON, R. P.: *Scripts, plans, goals and understanding; an inquiring into human knowledge structure*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass., 1977.
- WERTZ, H.: *Some ideas on the educational use of computers*. Annual Conference of the A. C. M., Los Angeles, 1981, 101-107.

Bibliografía

El equipo de investigación que más ha publicado en torno a LOGO es indudablemente el «LOGO GROUP del MIT, Harvard University, Cambridge, Massachusets», en Estados Unidos. Muchos de sus trabajos no han sido publicados y se presentan en forma de manuscritos de difusión interna («Memo»). Señalo algunos de los que me parecen más significativos en esta bibliografía.

El lector puede también consultar la bibliografía de las publicaciones francesas en torno a LOGO que consta en la edición francesa del libro de Papert «Jaillissement de l'esprit. Ordinateurs et apprentissage. París: «Flammarion, 1981». Muchas de las referencias tampoco han sido publicadas.

Un número especial de la revista «BYTE» (el de agosto 1982, 7, n. 8) contiene un dossier especial en torno a LOGO que aconsejamos particularmente.

- ABELSON, H.: *Le LOGO sur Apple*. París: Cedic/Nathan, 1984.
- ABELSON, H., y DI-SESSA, A.: *Turtle Geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*. Cambridge, mass.: MIT Press, 1981.
- BAMBERGER, J.: «The development of musical intelligence. I: Strategies for representing simple rhythms (1975). II: Children's representation of pitch relations (1976)». Cambridge, mass.: MIT LOGO GROUP.
- BODER, A., y MARTI, E.: «Le rôle de l'explicitation des connaissances intuitives joué par le langage LOGO». En A. Giordan y J. L. Martinaud (eds.). *Quels types de recherche pour rénover l'éducation en sciences expérimentales* (V Journées internationales sur l'éducation scientifique). Chamonix, 1983.
- BOSSUET, G.: *L'ordinateur à l'école*. París: PUF, 1982.
- DIONNET, S.; MARTI, E.; VITALE, B., y WELLS, A.: «Representation et contrôle global-local du mouvement chez l'enfant dans la programmation LOGO.» *Revue Française de Pédagogie*. En prensa.

- DI-SESSA, A.: «Computation as a physical and intellectual enviroment for learning physics». *Computation and Education*, 4, 67-75, 1980.
- GOLDENBERG, P.: «LOGO. A cultural glossary». *Byte*, 7, n.º 8, 210-228, 1982.
- HARVEY, B.: «Why LOGO?». *Byte*, 7, n.º 8, 163-193, 1982.
- LAWLER, R.: «Some powerful ideas». Cambridge, mass: LOGO GROUP, MIT, 1981.
- LAWLER, R.: «Designing computer microworlds». *Byte*, 7, n.º 8, 138-170, 1982.
- LAWLER, R., y PAPERT, S.: «Word worlds: A LOGO videodisc system for pre-school children». Cambridge, mass: LOGO GROUP, MIT, 1981.
- LOGO GROUP. *Interests worlds: mathematics in a computer culture*. Cambridge, mass: MIT, 1980.
- PAPERT, S.: *Mindstorms. Children, computers and powerful ideas*. Nueva York: Basic Books Inc., 1980.
- Jaillissement de l'esprit. Ordinateurs et apprentissage*. París: Flammarion, 1981. *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galápagos, 1981.
- PAPERT, S.: «Enseñar a los niños a ser matemáticos versus; enseñar matemáticas a los niños». En C. Coll (ed.), *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid, siglo XXI, 1983, 129-148.
- PERRIAULT, J.: «L'École dans le creux de la technologie». *Revue Française de Pédagogie*, 56, 7-17, 1981.
- REGGINI, H.: *Alas para la mente. LOGO: un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar*. Buenos Aires: Galápagos, 1982.
- RIBERA, P., y KIRCHNER, X.: «Una experiencia de introducción de la informática en la enseñanza». *Cuadernos de Pedagogía*, 107, 15-21, 1983.
- ROUCHIER, A.: «Problemes, procedures, programmes étudiés et réalisés par des enfants de CM2 utilisant un mini-ordinateur». *Revue Française de Pédagogie*, 56, 18-26, 1981.
- SOLOMON, C.: «Introducing LOGO to children». *Byte*, 7, n.º 8, 196-208, 1982.
- SOLOMON, C., y PAPERT, S.: «A case study of young child doing turtle graphics in LOGO». Cambridge, mass: LOGO GROUP, MIT, 1976.
- WATT, D.: «LOGO in the school». *Byte*, 7, n.º 8, 116-134, 1982.
- WERTZ, H.: *Some ideas on the educational use of computers*. Annual conference of the ACM, Los Angeles, 101-107, 1981.
- WEIR, S.: «LOGO as information prosthetic for communication and control». Cambridge, mass: LOGO GROUP, MIT, 1981.
- WEIR, S., y EMANUEL, R.: «Using LOGO to catalyse communication in an autistic child». Department of Artificial Intelligence, research report, n.º 15, Edinburgh University, 1976.

Notas

¹ Las observaciones de niños programando con LOGO que ilustran algunos de los puntos del texto han sido realizadas gracias al subsidio 1.615-0.82 del «Fond National de la Recherche Scientifique Suisse».

Agradezco, por otra parte, al Centro Mundial de Informática de París por habernos permitido el uso de dos microordenadores.

² Aunque no sea aquí el lugar indicado para extendernos en una comparación exhaustiva entre lenguajes de programación (ver, por ejemplo, Green, 1983) es tal vez conveniente señalar algunas diferencias entre el LOGO y el BASIC desde una perspectiva educativa, si tenemos en cuenta que este último es el lenguaje más conocido y difundido hasta ahora.

1. El BASIC es un lenguaje con menos riqueza de vocabulario y menos estructurado que el LOGO. Este último presenta una organización en unidades funcionales (listas), mientras que BASIC no tiene otra unidad que el carácter. En una primera aproximación, BASIC puede, pues, aparecer como un lenguaje más accesible para los principiantes por su escaso vocabulario. Pero su estructuración primitiva resulta ser un elemento muy perturbador para sujetos inexpertos, sobre todo para los niños.

2. LOGO permite una estructuración interna de los programas basada en la integración lógica de diferentes procedimientos. Los programas en BASIC presentan una estructura lineal. Así, pues, los programas LOGO reflejan una organización más transparente que los programas BASIC. Este factor facilita la identificación de los errores de programación y la consiguiente modificación de programas, tarea esencial desde una perspectiva educativa.

3. LOGO permite que el principiante obtenga resultados concretos muy simples desde el primer momento utilizando procedimientos primitivos ya definidos y de fácil comprensión. Esto facilita enormemente el trabajo inicial de programación con niños. BASIC aparece como un lenguaje más abstracto.

LOGO es, pues, un lenguaje muy accesible para sujetos inexpertos, pero es al mismo tiempo un lenguaje estructurado e interesante para programadores expertos. Este último factor hace de LOGO un lenguaje cuyo aprendizaje puede hacer adquirir al sujeto nociones de programación complejas, transferibles a otros lenguajes muy estructurados como el PASCAL o el LISP.

³ El LOGO utilizado en estas observaciones es el LOGO francés para Apple II. He traducido los ejemplos en castellano, basándome en la versión LOGO castellana que figura en el libro de Reggini (1982). Adaptaciones de LOGO en castellano y en catalán aparecerán próximamente en España.



Resumen

El autor considera al LOGO como un prototipo de la utilización educativa de los microordenadores que hace hincapié en la autonomía del aprendizaje y a sus aspectos heurísticos.

Desde postulados teóricos de la psicología genética de Piaget, analiza algunas de las particularidades psicológicas y pedagógicas de LOGO: unidades de base significativas para el niño, carácter constructivo e interactivo del aprendizaje, estatuto positivo del error, posibilidad de reflexionar sobre la propia actividad de aprendizaje.

Estos puntos son ilustrados con ejemplos de conductas de niños aprendiendo a programar con LOGO.

Summary

The author considers LOGO as the symbol of a type of educational use of microcomputers that emphasizes the autonomy of learning and its heuristical aspects.

He analyses some of the psychological and educational characteristics of LOGO from a Piagetian point of view: meaning of the primitives for the child, constructive and interactive learning, positive status of error, possibility of reflecting on the learning activity. He illustrates these points by examples of children productions when programming with LOGO.

Résumé

L'auteur considère LOGO comme le symbole d'un type d'utilisation éducative des microordinateurs qui met l'accent sur l'autonomie de l'apprentissage et sur ses aspects heuristiques.

En se basant sur la théorie génétique de Piaget et en illustrant ses propos avec des exemples de conduites d'enfants programmant avec LOGO, il analyse quelques-unes des caractéristiques psychologiques et pédagogiques de LOGO: unités de base significatives pour l'enfant, caractère constructif et interactif de l'apprentissage, statut positif de l'erreur, possibilité de réfléchir sur la propre activité d'apprentissage.