

UN MODELO DIDÁCTICO PARA EL USO DE LA CALCULADORA EN EL AULA

Tenoch Cedillo Ávalos
Universidad Pedagógica Nacional
tcedillo@ajusco.upn.mx

Síntesis

En esta conferencia se presenta un modelo didáctico para el uso de la calculadora en la clase de matemáticas y ofrece una discusión de éste a partir de resultados de investigación que muestran sus bondades y limitaciones.

Este modelo se fundamenta en un planteamiento teórico que da sustento a una reinterpretación de los recursos que ofrece la calculadora en términos de la enseñanza de las matemáticas escolares; el resultado de tal reinterpretación conduce a una propuesta didáctica que se ha aplicado en diversos contextos escolares en el nivel de educación básica que han proporcionado evidencia empírica en favor de la incorporación de la calculadora en el aula como una alternativa importante para mejorar la calidad de la enseñanza.

Introducción

En 1972 el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas de los Estados Unidos de Norteamérica (NCTM) emitió por primera vez una instrucción para que se introdujera el uso de la calculadora en las clases de matemáticas del nivel de educación elemental (6-15 años de edad). A partir de esa fecha se intensificó la realización de programas de formación de profesores para el uso de esa nueva herramienta tecnológica y la elaboración de materiales didácticos para su aplicación en el aula. La recomendación del NCTM se sustentó en numerosos estudios que proporcionaron evidencia empírica sobre el potencial de la calculadora como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje; un resultado que influyó decisivamente en la toma de esta decisión fue que la investigación mostró que el uso de la calculadora no inhibe el desarrollo de habilidades aritméticas básicas, y en cambio promueve que los estudiantes desarrollen

estrategias no formales que les proporcionan bases más sólidas para sus estudios posteriores en matemáticas (Hembree y Dessart, 1986, 1992).

En México, la Secretaría de Educación Pública incluyó en la reforma curricular de 1992 una clara recomendación para que se incorporara el uso de la calculadora en el nivel de educación básica. Pero, como sabemos, una instrucción oficial no es suficiente para introducir una innovación, para que tal iniciativa del estado se refleje en el aula se requiere un intenso y cuidadoso trabajo de formación de profesores que conduzca a la creación de una nueva cultura en el aula. El trabajo que aquí se presenta se ubica en ese contexto y está precedido por ocho años de estudios y experimentación en el aula que a la fecha me permiten proponer una alternativa para la enseñanza de la aritmética y el álgebra basada en el uso de la calculadora.

La calculadora fue introducida en el mercado como una herramienta genérica para facilitar la realización de cálculos aritméticos, con el tiempo y a partir de una demanda creciente se han venido creando modelos cada vez más sofisticados y en la actualidad se cuenta con versiones que ofrecen recursos que han convertido a la calculadora en un potente procesador matemático que admite todo tipo de manipulación numérica y algebraica, que facilita el análisis del comportamiento de funciones a través de gráficas y tablas, y más recientemente, ofrece herramientas que permiten realizar casi cualquier cosa que involucre la geometría con regla y compás. Estos nuevos recursos de la calculadora han llamado la atención de profesores e investigadores que se han propuesto explotar esas facilidades de la nueva tecnología para aprovecharlas en la enseñanza.

Podemos distinguir dos niveles en la incorporación de la calculadora en el aula:

- (i) adaptación de los recursos de la calculadora a las formas de enseñanza usuales; y
- (ii) concepción de nuevas formas de enseñanza a la luz de los recursos que ofrece la calculadora.

El primero de estos niveles se caracteriza por promover que los estudiantes usen la calculadora para verificar sus cálculos, ya sea en la ejecución de ejercicios o en la resolución de problemas. Otra característica de este nivel de uso de la máquina es que el profesor la empleó para apoyar sus exposiciones y las discusiones con el grupo escolar acudiendo a un accesorio que le permite proyectar la pantalla de la calculadora en una pantalla de pared.

El segundo nivel de uso de la calculadora conduce a la creación de nuevos enfoques didácticos que implican de manera inmediata una revisión de nuestras concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje. En esta línea de trabajo se ubica esta presentación. La propuesta didáctica que aquí se desarrollará se basa esencialmente en dos premisas:

1. Concebir a la aritmética y el álgebra como sistemas de signos que constituyen un lenguaje mediante el que se expresan, manipulan y comunican las ideas matemáticas.
2. Incorporar la calculadora en el aula como el ambiente de trabajo que exigirá al profesor y al estudiante emplear los lenguajes de la aritmética y el álgebra como medio de comunicación.

En el resto de este escrito se abordan sucintamente la forma en que se elabora teóricamente sobre esas dos premisas, cómo esa teoría sustenta un modelo para diseñar el trabajo en el aula, y, finalmente, los resultados de investigación que se han obtenido al llevar al terreno de la práctica esos planteamientos teóricos.

Referente Teórico

El marco teórico que aquí se discutirá es el instrumento que nos permitirá reinterpretar los recursos de la calculadora para vincularlos con el ámbito de la enseñanza. Me propondré en principio mostrar cómo una calculadora puede ser vista como un "mundo" donde la comunicación se da a través del lenguaje matemático.

Las calculadoras programables poseen un código que se rige por la más rigurosa sintaxis algebraica y disponen de una notación muy parecida a la del álgebra, algunos modelos emplean exactamente la notación algebraica. Una persona que maneje los rudimentos de la aritmética puede ser un usuario eficiente de esas calculadoras por el hecho de que esas máquinas disponen de un lenguaje formal que está ahí instalado listo para ser usado, realmente lo único que se requiere es que tal persona se proponga emplear una máquina para realizar una tarea específica. Después de la calculadora ha sido encendida todo lo que el usuario haga con ella requiere del uso del código matemático, ahí la aritmética y el álgebra juegan precisamente el papel de un lenguaje en que se da la comunicación entre el usuario y la máquina, y esa "conversación" tiene como tema la resolución de una tarea

cuyo contenido es estrictamente matemático. Es decir, la máquina es un elemento de mediación entre el sujeto y el contenido matemático que además le exige expresar su línea de razonamiento en términos rigurosamente matemáticos.

Más que ningún otro medio, desde esta perspectiva la calculadora justifica plenamente el que concebimos a la aritmética y el álgebra como lenguajes matemáticos. Entonces la siguiente fase en el avance hacia una perspectiva teórica es ver a la calculadora como un mundo en el que se debe pensar y expresarse matemáticamente.

El hecho de concebir a la aritmética y el álgebra como lenguajes contrasta fuertemente con otros lenguajes en términos de su enseñanza y eficiencia en el aprendizaje, en particular con el lenguaje materno. Hay algo que distingue al lenguaje materno de cualquier otra área del conocimiento humano, y es que toda persona normal lo aprende con mayor o menor nivel de dominio, no ocurre así con la filosofía, las artes, las ciencias, y muy en particular, no ocurre así con las matemáticas. ¿Qué es lo que hace que el lenguaje natural se aprenda de manera tan sorprendentemente sencilla y eficiente, siendo un área de conocimiento tan compleja?

Esa característica del lenguaje natural lo hecho un tema de atención de un buen número de estudiosos desde tiempos inmemoriales. Una teoría que se aceptó por mucho tiempo fue la de San Agustín, quien propuso que el lenguaje se aprende por imitación. Una de las deficiencias de esta teoría es que no puede explicar cómo por simple inducción el niño puede llegar a aprender los distintos usos de las palabras y las concatenaciones de palabras, en distintos contextos, o crear nuevas expresiones a partir de los significados iniciales que desarrolló por imitación. Desde esta perspectiva no alcanzaría la vida entera de un sujeto para recibir suficientes ejemplos para después imitarlos.

Más recientemente, Chomsky (1957), propuso que el ser humano está dotado de una estructura neuronal que le permite codificar y decodificar la gramática del lenguaje natural. Esa teoría no permite tampoco explicar cómo es que los sujetos aprendemos los distintos usos del lenguaje que exige distintos significados en contextos específicos. Otra posición reciente a este respecto es la planteada por Piaget (1985, 1988), él propuso que el lenguaje es un subproducto del desarrollo intelectual, bajo esta posición el lenguaje es un síntoma del desarrollo del sujeto. Sin embargo, hay una serie de experimentos que muestran deficiencias en este planteamiento, en particular, no proporciona un marco que explique logros de los niños que

contradicen sus definiciones acerca de la etapa egocéntrica que él propone (Dehaene, 1997).

Otra postura teórica es la propuesta por Bruner (1978, 1980, 1982, 1983, 1990), en particular su trabajo me ha sido fundamental porque sus hallazgos muestran que el lenguaje no sólo se aprende por imitación, ni sólo es un síntoma del desarrollo intelectual, o se adquiere debido al prodigioso sistema nervioso humano; Bruner encontró que además de esos factores el lenguaje se enseña, que es la interacción madre hijo dónde tiene lugar la adquisición de los rudimentos del lenguaje natural. La investigación de Bruner muestra que hay una serie de factores que explican de manera esencial por qué aprendemos de manera tan eficiente el lenguaje natural, entre estos cabe destacar los siguientes:

- Demanda social: La vida en sociedad exige el uso del lenguaje como medio de comunicación.
- Uso VS definiciones: El lenguaje se aprende mediante el uso, no a partir de reglas y definiciones.
- Relación adulto-infante: El adulto es experto en el uso del lenguaje y el niño lo desconoce. Esto da lugar a una relación asimétrica entre el adulto y el niño, sin embargo interviene un factor decisivo: el adulto quiere enseñar y el niño quiere aprender.
- Contexto y retroalimentación: El adulto enseña al niño los rudimentos del lenguaje natural a partir de acciones que el niño realiza. Esto propicia que el uso del lenguaje del adulto esté fuertemente atado a lo que el niño está haciendo. Es el contexto de la actividad el que ofrece retroalimentación inmediata a las acciones verbales del niño. El adulto modula su uso del lenguaje de acuerdo con los alcances del niño. Nótese que no es el niño el que se ajusta al nivel del lenguaje del adulto.
- Interacción uno a uno: La relación adulto-niño es uno a uno, en particular esta forma de interacción permite que cada niño avance a su propio ritmo.

Estos hallazgos sugieren la hipótesis de que un modelo didáctico basado en esos principios pudiera aplicarse a la enseñanza de la aritmética y el álgebra como lenguajes de la matemática. La forma en que esto se ha intentado se discute en la siguiente sección.

El Modelo Didáctico

Consiste en un arreglo artificial del ambiente de trabajo en el aula para simular las condiciones esenciales que Bruner señala, en este diseño la calculadora desempeña un papel determinante. El modelo puede esquematizarse de la siguiente manera:

- **Demanda social:** Esta condición trata de lograrse mediante un arreglo del ambiente de enseñanza en el que el trabajo se desarrolle totalmente con la calculadora. Esta situación hace que el lenguaje de la aritmética y del álgebra resulte esencial para el logro de las actividades. Si no se usa ese lenguaje la comunicación con la máquina es nula. Para satisfacer esta condición es necesario diseñar actividades de enseñanza que exijan el uso de la máquina.
- **Uso versus definiciones:** Para satisfacer esta condición basta con diseñar actividades de enseñanza que propicien que el aprendizaje del lenguaje de la aritmética y el álgebra se aborden a partir de su uso. Las reglas y definiciones pueden incorporarse gradualmente una vez que el estudiante ha generado significados para el sistema simbólico empleado por esos códigos. Por ejemplo, al estudiante puede pedírsele que encuentre qué operaciones se hicieron con el número las primeras componentes de la siguiente tabla para obtener como resultado las segundas componentes. Ese esquema puede seguirse para cubrir una amplia gama de nociones algebraicas como las siguientes: equivalencia algebraica, inversión de funciones lineales, uso de paréntesis y resolución de problemas algebraicos que pueden modelarse mediante funciones.
- **Relación adulto-infante:** Se parte de la premisa de que hay un adulto que quiere enseñar (el profesor). La calculadora puede emplearse como elemento motivacional para lograr que haya un infante que quiera aprender.
- **Contexto y retroalimentación:** Se supone que las actividades de enseñanza se han diseñado de manera que las acciones del estudiante estén tan fuertemente atadas al contexto que esto permita que sea el contexto mismo el que ofrezca retroalimentación inmediata al alumno. El uso de la calculadora puede adecuarse fácilmente para que sea la máquina la que permita al alumno verificar si sus respuestas son correctas o no.

- Interacción uno a uno: El diseño de actividades de enseñanza en el formato de hojas de trabajo facilita que la interacción estudiante-profesor sea uno a uno. Esta forma de interacción propicia que las intervenciones del profesor sean dirigidas por preguntas que el estudiante le plantea y que se respete el ritmo de avance individual de los estudiantes.

Comentarios Finales

Como puede apreciarse, este modelo didáctico induce cambios esenciales en las formas tradicionales de enseñanza, en particular requiere que el maestro abandone su posición ante el grupo como expositor de temas y que se ubique como un compañero con más experiencia y conocimiento. Una condición necesaria para que se dé este cambio en el papel del profesor es la elaboración previa de actividades de enseñanza, de otra manera el profesor no puede liberarse de su rol como conductor al frente de la clase. Otra condición que debe cumplirse es que cada alumno disponga de una calculadora programable en la clase, de otra manera no se puede siquiera simular la demanda social del uso del lenguaje matemático como medio de comunicación.

La actividad en la clase basada en la resolución de hojas de trabajo permite la interacción uno a uno entre el profesor y sus estudiantes, pero esto no basta, en periodos relativamente cortos el profesor debe haber revisado el trabajo de sus estudiantes, esta condición es indispensable para proveer el tipo de retroalimentación que la máquina no puede dar.

Los resultados de distintas aplicaciones en el aula de este modelo didáctico muestran resultados notables. Entre estos cabe destacar que después de 23 sesiones de 50 minutos cada una, alumnos que acababan de concluir la escuela primaria fueron capaces de aprender lo suficiente sobre el uso del código algebraico como para resolver problemas que tradicionalmente se incluyen en cursos introductorios de cálculo diferencial (Cedillo, 1995). Se obtuvieron resultados similares en una aplicación en donde profesores de tiempo completo trabajaron con grupos de primer grado de secundaria en escuelas oficiales bajo las condiciones impuestas por ese sistema educativo (Cedillo, 1996a). Con el auspicio de la Secretaría de Educación Pública y del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, actualmente se está realizando un proyecto en el que se está aplicando este enfoque de enseñanza en ocho ciudades del país, los resultados preliminares muestran indicadores alentadores, el reporte está aún en proceso.

Cabe destacar que si bien los resultados obtenidos a la fecha son alentadores aún hay un largo camino que recorrer. El costo de las calculadoras aún sigue siendo suficientemente alto para lograr equipar a las escuelas y profesores interesados, además la formación de profesores y la elaboración de nuevos materiales exige mucho tiempo y esfuerzo. Los profesores no asimilan y ponen en práctica los cambios que requiere este nuevo planteamiento hasta que por sí mismos llegan a convencerse de sus bondades, y cuando esto ocurre requieren nuevos materiales porque han agotado los que estaban disponibles. Esto último hace evidente la urgente necesidad de avanzar más rápidamente, lo cual también está restringido por los tiempos que marca el calendario escolar, ya que en esos periodos es cuando pueden llevarse a cabo estudios que hagan posible contrastar con la realidad las hipótesis derivadas de la investigación educativa.

No obstante, la experiencia adquirida nos muestra que esas dificultades pueden superarse y que cada año hay más profesores e investigadores involucrados en la tarea de aprovechar los recursos que ofrece la calculadora en la clase de matemáticas.

Referencias

Bruner, J., 1978. The role of dialogue in Language Acquisition. In A. Sinclair, R.J. Jarvella and W.J.M. Levelt (Eds.). *The Child's Conception of Language*. Springer-Verlag, Berlin.

Bruner, J., 1980. The social context of language acquisition. Witkin Memorial Lecture, Educational Testing Service, Princeton, New Jersey.

Bruner, J., 1982. "The formats of Language Acquisition". *American Journal of Semiotics*, Vol. 1, No. 3 ,1- 16.

Bruner, J., 1983. *Child's talk*. New York: Norton.

Bruner, J., 1990. *Acts of Meaning*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Cedillo, T., 1995. Aprendizaje del álgebra a través de su uso: Una alternativa factible mediante calculadoras gráficas. Educación Matemática, Vol. 7, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Cedillo, T., 1996. Calculadoras: Introducción al Álgebra. Serie Cuadernos Didácticos, Vol. 4, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Cedillo, T., 1996a. Matemáticas en la Escuela Secundaria: Potencial de la calculadora en la enseñanza del álgebra. Proyectos Seleccionados, Dirección General de Investigación Educativa, Conacyt-SEP, México.

Cedillo, T., 1998. Sentido Numérico e Iniciación al Álgebra. Serie La Calculadora en el Aula. Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Chomsky, N., 1957. Learning and the Structure of Language. University of Chicago.

Deahene, S., 1997. The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics. Oxford University Press, USA.

Hembree, Ray, and Donald J. Dessart, 1986. "Effects of Hand-held Calculators in Precollege Mathematics Education: A Meta-Analysis". Journal of Research in Mathematics Education, 17: 83-99.

Hembree, Ray, and Donald J. Dessart, 1992. "Research on Calculators in Mathematics Education". In J. T. Fey and C.

R. Hirsch (Eds.), Calculators in Mathematics Education, Yearbook. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.

Piaget, J., 1985. La construcción de lo real en el niño. Grijalbo, México.

Piaget, J., 1988. La psicología de la Inteligencia. Grijalbo, México.