

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Formación de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Recibido: 04/04/2020 | Aceptado: 06/06/2020 | Publicado: 01/09/2020

El empleo de algoritmos en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra

The use of algorithms in the teaching-learning process of Algebra

Anelys Vargas Ricardo ^{1*}, Luis Enrique Lezcano Rodríguez ², Olga Lidia Pérez González ³

¹ Universidad de Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio, Km 2 ½. Torrens. La Lisa. La Habana. Cuba. anelys@uci.cu, anelysvr@nauta.cu

² Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. Calle 108 No.29F08 e/ 29E y 29F. La Habana. Cuba. luiselr@ucejv.edu.cu

³ Universidad de Camaguey “Ignacio Agramonte y Loynaz”. Carr. Circunv. Norte Km. 5. Camaguey. Cuba. olga.perez@reduc.edu.cu

* Autor para correspondencia: anelys@uci.cu , anelysvr@nauta.cu

Resumen

Los algoritmos, en la enseñanza, pueden ser usados como herramientas de análisis que faciliten el aprendizaje significativo, si se toman en cuenta elementos de carácter didáctico y metodológico para su introducción en la tarea docente, pueden servir como de base orientadora de la acción. Sin embargo, su empleo ha sido asociado a la simplificación y memorización de procedimientos con carencia del dominio conceptual. Es por esto, que el objetivo del presente trabajo es mostrar cómo se pueden emplear los algoritmos para favorecer al aprendizaje reflexivo, mediante un ejemplo en la asignatura Álgebra Lineal. El empleo de algoritmos como base orientadora de la acción, brindan a los estudiantes una guía metodológica para la resolución de la tarea; y para el profesor el desempeño de los estudiantes en la construcción del algoritmo de solución la tarea permite el descubrimiento de las operaciones empleadas, así como en qué momentos del desarrollo de la solución de la tarea se presentan las dificultades y cuáles son las deficiencias en la asimilación de contenido.

Palabras clave: algoritmos, álgebra lineal, aprendizaje reflexivo, base orientadora

Abstract

Algorithms, in teaching, can be used as analytical tools that facilitate meaningful learning. If elements of a didactic and methodological nature are taken into account for their introduction into the teaching task, they can serve as a guiding basis for action. However, its use has been associated with the simplification and memorization of procedures with a lack of conceptual mastery. For this reason, the objective of this work is to show how algorithms can be used to favor reflective learning, through an example in the subject Linear Algebra. The use of algorithms as a guiding base for the action, provide students with a methodological guide for the resolution of the task; and for the teacher, the performance of students in

the construction of the solution algorithm, the task allows the discovery of the operations used, as well as in which moments of the development of the solution of the task the difficulties are presented and which are the deficiencies in the assimilation of content.

Keywords: *algorithms, linear algebra, reflective learning, guiding base*

Introducción

Los algoritmos en la enseñanza han sido empleados como herramientas de análisis e instrumentos para facilitar el aprendizaje. Su uso también ha tenido detractores debido a que se relaciona con una visión pragmática, expresada en su empleo para simplificar procedimientos complejos y según Jonsson *et al.* (2014) el aprendizaje algorítmico es el “empleo de procedimientos memorizados o bien practicados sin la reflexión sobre el significado” (p. 21) y los estudiantes tienden a encontrar dificultad a la hora de pensar de forma abstracta sobre los algoritmos (Edmonds, 2008).

La resolución de problemas enfatiza en los procesos del pensamiento y el aprendizaje, y toma el contenido de la enseñanza como centro para el desarrollo del pensamiento donde el rol del profesor radica en el diseño de estrategias, organización de actividades para el logro de un aprendizaje significativo sobre la base del diagnóstico inicial de los estudiantes y el estudiante desarrolla habilidades intelectuales y emplea las estrategias para resolver un problema determinado (Polya, 1945; Ferrer y Rebollar, 2010; Pedroso, 2011; Williner, 2011; Morales, 2014; García, Cueli, Rodríguez, Krawec, y González-Castro, 2015; Risso et al., 2015; Defaz, 2017).

El enfoque de la resolución de problemas es uno de los más empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal que pone en práctica el principio general del aprendizaje activo pero los resultados de su aplicación muestran, en los estudiantes, poco aprovechamiento matemático al no comprender los procedimientos que se llevan a cabo para resolver el problema planteado ni establecer la correspondencia entre estos procedimientos y los elementos básicos del sistema de conocimientos de la asignatura (Mola, 2013).

Además, en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal, es fundamental el dominio de conceptos, procedimientos y; la formación y desarrollo de habilidades para la resolución de los problemas propios de la asignatura.

Desde la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (Talízina, 1985, 1992, 2008; Galperin, 1986), la base orientadora de la acción se considera la segunda etapa de la asimilación estrechamente ligada al contenido de la enseñanza y determinante para el logro del aprendizaje no reproductivo en el cual también influye el empleo de la tarea docente.

Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo mostrar cómo se emplean los algoritmos como base orientadora de la acción mediante un ejemplo del Álgebra Lineal, a partir de algunos de los elementos teórico-metodológicos para su uso, de modo que contribuyan al aprendizaje reflexivo.

Materiales y métodos

Aspectos teórico-metodológicos

Los algoritmos, en la enseñanza se emplean como herramienta de análisis y representación que se aplica en varios campos debido a que brinda la posibilidad de representar estructuras complejas de forma sintética y relaciones entre objetos abstractos que requieran de la toma de decisiones (Orantes, 1996) y pueden ser aplicados como instrumentos para facilitar el aprendizaje de reglas, realizar la planificación y prescripción o guiar metodológicamente la resolución de problemas (Pedroso, 2011).

Algunos aspectos que han limitado el empleo de los algoritmos en la enseñanza, han sido: la visión pragmática, expresada en su empleo para simplificar procedimientos complejos y la carencia de marco conceptual transparente; además del empleo de mapas conceptuales y otros recursos que lo suplantaron (Orantes, 1996).

Con el desarrollo de las tecnologías de la informática y las comunicaciones, los algoritmos comenzaron a jugar un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la sociedad. Son considerados una cualidad matemática necesaria para cualquier persona, la noción de algoritmo ha sido enfatizada gradualmente en los círculos educacionales y ha despertado el interés investigativo desde la matemática educativa (Peng, 2007), ya que los algoritmos apoyan la comprensión conceptual y en un nivel más complejo, la construcción de bloques que permiten entender los conceptos (Long, 2005).

Según Edmonds (2008), los estudiantes tienden a encontrar dificultad a la hora de pensar de forma abstracta sobre los algoritmos, y sostiene que mientras más se abstraiga el sujeto para ver un problema, mayor será su nivel de comprensión, tendrá mayor cantidad de herramientas disponibles y estará mejor preparado para encontrar la solución a nuevos problemas.

También se pueden emplear los algoritmos para el análisis psicológico de la actividad, lo que permite la incidencia en la formación del modelo interno regulador de las acciones a partir de la información brindada por el proceso de desarrollo del algoritmo y el análisis del procedimiento obtenido brinda orientaciones concretas sobre las formas necesarias a utilizar en la formación y preparación de los discentes y posibilita la activación y motivación del aprendizaje. Tanto desde el punto de vista psicológico como pedagógico debe analizarse que la descripción algorítmica sea admisible y fundamentada con: todas las operaciones para realizar la tarea y las condiciones que determinan la secuencia de su empleo sean conocidas; las operaciones y definidas con claridad; el algoritmo planteado

conduzca a la solución de la tarea; y el estudiante sea capaz de ejecutar y verificar las operaciones y condiciones en el algoritmo (Viera Montes de Oca, 1993).

En un enfoque conductista, los algoritmos, en una enseñanza programada, se pueden implementar como programas en una máquina de enseñar y guían el aprendizaje del alumno. En estos métodos se obvia el error y cuando se comete un error, el programa se retroalimenta automáticamente para asimilar los pasos anteriores supuestamente mal aprendidos. Mientras que en el constructivismo se sostiene la tesis de que los errores hay que sacarlos a la luz y proceder consecuentemente (Pérez, 2005).

Desde el punto de vista del enfoque histórico cultural, asumido por los autores de este trabajo, los algoritmos en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal constituyen: una guía metodológica que permite tanto la comprensión conceptual como procedimental y el análisis de regla; además, favorecen el desarrollo de la abstracción y el trabajo simbólico, propiciando la comunicación del sujeto con su objeto de trabajo, mediado por la psiquis, que expresan la materialización de los conceptos y los procedimientos con el empleo de símbolos y signos.

En el proceso de desarrollo del algoritmo, la algoritmización es un método para la resolución de problemas, basado en el desarrollo de acciones lógicas ordenadas que inciden en la formación de un modelo que regula estas acciones y posibilita su representación formal y codificación; que al decir de Pedroso (2011), es considerada como componente procedimental en el desarrollo de los procesos mentales que se manifiesta en lo instrumental del pensamiento lógico.

La algoritmización requiere de procedimientos consecutivos, que incluyen el reconocimiento del objetivo del problema, planificación de un algoritmo de solución tomando en cuenta diferentes alternativas y reflexión sobre el proceso de resolución de problemas evaluando los resultados del proceso (Plerou and Vlamos, 2016), a su vez, propicia la investigación del procedimiento de solución las tareas, el descubrimiento de las operaciones empleadas, así como en qué momentos del desarrollo de la solución de la tarea se presentan las dificultades, cuáles son los modos posibles de proceder en cada caso y cuáles son propicios (Viera Montes de Oca, 1993).

En la Metodología de la Enseñanza de la Matemática se hace referencia al componente procedimental y se introducen los conceptos de procedimientos heurísticos y procedimientos algorítmicos, estos últimos se conciben en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática como Sucesión de Indicaciones con Carácter Algorítmico (SICA).

Las SICA se entienden como: “sucesión de órdenes o indicaciones para realizar un cierto sistema de operaciones en un orden determinado, que inducen a operaciones unívocas, rigurosamente determinadas y del mismo tipo en aquellos individuos hacia los cuales están dirigidas” (Ballester *et al.*, 1992); se emplean en la obtención de la solución de ejercicios y problemas, siendo considerados un eslabón dentro de la

actividad mental del estudiante (Hernández, 2000) y desde el punto de vista metodológico, constituyen la estructura técnica del método de la algoritmización.

Los principios básicos de la algoritmización contribuyen al desarrollo del pensamiento lógico y las metodologías de aprendizaje que se necesitan para la resolución de problemas (Plerou y Vlamos, 2016).

La base orientadora de la acción, es la segunda etapa de la asimilación de acuerdo con la teoría de la formación por etapas de Galperin (1986). En esta teoría, la acción se divide en tres partes: orientadora, ejecutora y controladora; siendo la parte orientadora la que determina la rapidez y la calidad de la formación de la acción.

Las características de la base orientadora para la acción son: carácter generalizado (lo determina la interrelación entre los conocimientos, siempre y cuando el contenido esté estructurado de forma sistémica), carácter desplegado (operaciones necesarias para realizar la acción paso a paso) y el modo de obtención de los conocimientos a través de la base orientadora (puede darse de forma predeterminado, lo que conduce al aprendizaje reproductivo o; se elaboran los contenidos de forma independiente, esto puede ser para propiciar la construcción del conocimiento o por deficiencias en la orientación) (Portuondo *et al.*, 2004).

Los tres tipos fundamentales de base orientadora son: ensayo y error, donde el profesor ejecuta la acción y el estudiante lo imita reproduciendo el contenido; particularizada, aquí el profesor explica las reglas y el estudiante ejecuta la acción habiendo interiorizado o no el contenido; y por invariantes, el invariante lo constituye el método por el cual el estudiante construye el conocimiento, aquí el razonamiento influye en la adquisición del conocimiento y el proceso docente se transforma de reproductivo a productivo.

La internalización de la base orientadora por la parte de los estudiantes favorecerá la creación de estructuras mentales que dirigirán la ejecución de la actividad.

Para la generalización de conocimientos y habilidades, la teoría de la actividad en la psicología, centra su atención dirigida al contenido de las acciones del sujeto sobre los objetos que se generalizan. Cada acción es considerada como una unidad de análisis psicológico que representa un sistema unitario cuya estructura incluye el objeto de la acción, el objetivo, el motivo, las operaciones que realizan la acción y la base orientadora (Talízina, 2008).

Una vez aclarado el contenido de las acciones que el sujeto realiza durante la resolución de un problema; y tras el análisis de la dependencia del proceso de generalización, de las partes estructurales y funcionales de la acción, se estableció que el proceso de generalización depende del carácter de las acciones de orientación dirigidas a los objetos que se generalizan.

La base orientadora establece los niveles de ayuda necesarios para llevar a cabo la tarea sin llegar a ser una imagen acabada de las acciones para contribuir al tránsito exitoso del estudiante por los diferentes niveles de asimilación del contenido.

Para el logro de un aprendizaje que no sea reproductivo, garantizar un mayor éxito y estimular el interés del estudiante debe propiciarse que las tareas docentes sean: variadas (actividades con diferentes niveles de complejidad donde se aplique el conocimiento en situaciones ya conocidas y nuevas), suficientes (que incluyan el mismo tipo de acción en situaciones teóricas y prácticas, donde las repeticiones de la acción promuevan el desarrollo de habilidades) y diferenciadas (dando respuesta a las necesidades individuales y grupales según su grado de desarrollo) (Silvestre and Zilberstein, 2000).

Las órdenes de las tareas servirán como base orientadora de la acción, además, contendrán acciones dirigidas a incidir en la formación de la cultura científica mediante la búsqueda de información y la estimulación del desarrollo intelectual, en función de lograr en los estudiantes la formación de juicios de valor y capacidad de análisis reflexivo que conduzca a su crecimiento intelectual, social como sujeto independiente y creativo.

Resultados y discusión

En el Álgebra Lineal, las tareas que se propongan deben exigir el dominio de la base conceptual y procedimental del contenido, así como la resolución de problemas, de manera que contribuyan a la fijación de los conocimientos, a la formación de valores y al desarrollo de habilidades.

Ejemplo

Una tarea a resolver en la asignatura Álgebra Lineal es: **Determinar si un sistema finito de vectores es linealmente dependiente.**

La realización de esta tarea consta de dos momentos: el primero fue realizado por el profesor en durante la clase de nuevo contenido asociada a este tópico, donde empleando una base orientadora particularizada, explica el algoritmo particular que relaciona la combinación lineal de vectores con la solución del sistema de ecuaciones lineales homogéneo que se obtiene al escribir el vector nulo del espacio vectorial al que pertenecen los vectores como combinación lineal del sistema dado y la clasificación del sistema de ecuaciones lineales atendiendo a su conjunto solución.

Debe orientarse al estudiante que en su proceder necesita conocer: el espacio vectorial al que pertenecen los vectores, que puede ser representado por la cuaterna $(E, +, \cdot, \mathbb{E})$; el conjunto de escalares $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n \in \mathbb{E}$ y el sistema de vectores a investigar, representado como $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \subset E$.

El algoritmo a llevar a cabo, introducido por el profesor, construido junto con los estudiantes y que los estudiantes sistematizarán es:

- a.** Plantear el vector nulo como combinación lineal del sistema de vectores.
- b.** Escribir el sistema de ecuaciones lineales homogéneo.
- c.** Resolver el sistema de ecuaciones lineales homogéneo.
- d.** Analizar si el sistema de ecuaciones lineales homogéneo es compatible determinado: Si la respuesta es positiva, entonces el sistema de vectores es linealmente independiente, en caso contrario continuar con la acción siguiente (e).
- e.** Analizar si el sistema de ecuaciones lineales homogéneo es compatible indeterminado: Si la respuesta es positiva, entonces el sistema de vectores es linealmente dependiente. En caso de que resolución del sistema de ecuaciones lineales homogéneo conduzca a un sistema incompatible, debe verificar el procedimiento empleado.

Este procedimiento describe el algoritmo usual para la determinación de la dependencia lineal de un sistema de vectores que corresponde a un nivel reproductivo de asimilación, que se orienta para ser sistematizado durante la autopreparación, así como en un primer momento de la clase de desarrollo de habilidades posterior.

No obstante, se puede identificar que el procedimiento toma en cuenta la reflexión a partir de la solución del sistema de ecuaciones lineales y el tratamiento al error que pudiera cometerse en la resolución del sistema de ecuaciones.

La realización de esta tarea con éxito, depende de la autopreparación del estudiante y de la orientación que haya hecho el profesor sobre la misma, quien puede orientar la realización de tarjeta de estudio en forma de tablas y resúmenes de modo que se empleen otras formas de representación del algoritmo.

En el segundo momento se trata de orientar a los estudiantes hacia la solución de la tarea con el empleo de otros elementos del sistema de conocimientos y herramientas estudiadas con anterioridad en el tema precedente de la asignatura, la cual consta de cuatro temas: Matrices y sistemas de ecuaciones lineales, Espacios vectoriales, Aplicaciones lineales y Diagonalización de endomorfismos; en ese orden.

El profesor debe promover la reflexión de los estudiantes al indagar en qué otro momento se estudió la dependencia lineal y qué conceptos y procedimientos se emplearon para ello. Los estudiantes deben recordar que esos elementos son el determinante de una matriz cuadrada, el valor de su empleo y las condiciones que tiene la matriz para que el determinante sea igual a cero; el concepto de rango de una matriz; así como los procedimientos para calcularlos, que se estudian en el primer tema de la asignatura. De este modo se produce la sistematización del contenido y se establecen las relaciones entre los conceptos y los procedimientos, empleando el método de elaboración conjunta el profesor guiará la construcción de un algoritmo que permita resolver la tarea e integrar en él los conceptos de rango y determinante, así como los procedimientos para calcularlos.

Una de las variantes de este algoritmo es la que se expone a continuación:

- a.** Plantear el vector nulo como combinación lineal del sistema de vectores.
- b.** Escribir el sistema de ecuaciones lineales homogéneo.
- c.** Analizar orden de la matriz del sistema de ecuaciones lineales homogéneo: Si la matriz no es cuadrada, es necesario calcular su rango por lo que debe pasar a la acción **d**. Si la matriz es cuadrada, se puede calcular lo mismo el rango y se ejecutan las acciones **d** y **e**, que el determinante para lo cual se ejecutan las acciones **f** y **g**.
- d.** Calcular el rango de la matriz del sistema de ecuaciones lineales homogéneo.
- e.** Analizar el rango de la matriz: Si el rango es igual al número de incógnitas del sistema de ecuaciones lineales y, por consiguiente, a la cantidad de vectores; el sistema de ecuaciones lineales es compatible determinado y, en consecuencia, el sistema de vectores es linealmente independiente.
Si el rango es menor que el número de incógnitas del sistema de ecuaciones lineales, el sistema de ecuaciones lineales es compatible indeterminado y el sistema de vectores es linealmente dependiente.
En caso de que el rango sea mayor que el número de incógnitas, debe verificar el procedimiento empleado y los conceptos asociados a él.
- f.** Calcular el determinante de la matriz.
- g.** Analizar el determinante de la matriz: Si el determinante es distinto de cero, es porque las filas o columnas de la matriz son linealmente independientes y en consecuencia los vectores a analizar son linealmente independientes.

Si el determinante es igual a cero, es porque las filas o columnas de la matriz son linealmente dependientes y los vectores a analizar son linealmente dependientes.

Este algoritmo que requiere mayor nivel de conocimiento por parte del estudiante ya que para su empleo es necesario dominar las relaciones existentes entre los elementos del álgebra lineal y puede ser empleado

como base orientadora del tipo por invariantes que sirve como guía metodológica para favorecer la asimilación del contenido de la asignatura, contribuyendo al aprendizaje reflexivo.

Debe enfatizarse, a los estudiantes, que para realizar esta tarea es fundamental que el algoritmo a emplear depende de los datos que se les ofrece, así como el conocimiento de la materia, las herramientas y procedimientos estudiados previamente.

Conclusiones

La base orientadora de la acción favorece la asimilación del contenido y la formación estructuras mentales que dirigirán la ejecución de la actividad del estudiante donde cobra importancia el rol asumido por el profesor como guía del proceso, orientando adecuadamente, y en los momentos necesarios, las acciones que deben ser llevadas a cabo en la solución de la tarea.

El empleo de algoritmos como base orientadora de la acción, brindan a los estudiantes una guía metodológica para la resolución de la tarea; y para el profesor el desempeño de los estudiantes en la construcción del algoritmo de solución la tarea permite el descubrimiento de las operaciones empleadas, así como en qué momentos del desarrollo de la solución de la tarea se presentan las dificultades y cuáles son las deficiencias en la asimilación de contenido.

El ejemplo muestra cómo se pueden emplear algoritmos como base orientadora de la acción para la realización de una tarea, donde se promueve el aprendizaje reflexivo, la sistematización e integración del sistema de conocimientos del Álgebra Lineal y los diferentes tipos de base orientadora de la acción, en dependencia del grado de sistematización del contenido.

Referencias

- Ballester, S.; H. Santana, et al. Metodología de la Enseñanza de la Matemática. La Habana, Pueblo y Educación, 1992. 336 p.
- Defaz, G. J. El desarrollo de habilidades cognitivas mediante la resolución de problemas matemáticos Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigacion, 2017, 2(5): 14-17.
- Edmonds, J. How to think about algorithms. New York, United States of America, Cambridge University Press, 2008.

- Ferrer, M. and A. Rebollar Como dirigir el proceso de formación de habilidades matemáticas Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www. plusformacion.com/Recursos/r/proceso-formacion-habilidades](http://www.plusformacion.com/Recursos/r/proceso-formacion-habilidades), 2010.
- Galperin, P. Y. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales Antología de la Psicología Pedagógica y de la Edades. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, 1986.
- García, T.; M. Cueli, et al. Conocimiento y habilidades metacognitivas en estudiantes con un enfoque profundo de aprendizaje. Evidencias en la resolución de problemas matemáticos Revista de Psicodidáctica, 2015, 20(2): 209-226.
- Hernández, S. El desarrollo de la habilidad algoritmizar en estudiantes de Ingeniería Industrial. Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior (CEPES). Ciudad de La Habana, Universidad de la Habana, 2000. 80 p.
- Jonsson, B.; M. Norqvist, et al. Learning mathematics through algorithmic and creative reasoning Journal of Mathematical Behavior, 2014, 36: 20-32.
- Long, C. Maths concepts in teaching: procedural and conceptual knowledge Pythagoras, 2005, 62: 59-65.
- Mola, C. Estrategia didáctica para la comprensión de los objetos del Álgebra Lineal en las carreras de Ingeniería de la Universidad de Camagüey. Centro de Estudios de Ciencias de la Educación (CECEDUC) "Enrique José Varona". La Habana: Editorial Universitaria, 2015, Universidad de Camagüey., 2013. 120 p.
- Morales, Y. C. El desarrollo de las habilidades espaciales, desde la Matemática Superior, en los estudiantes de Ingeniería Mecánica CEDDES: Centro de Estudios de la Didáctica y Dirección de la Educación Superior. La Habana: Editorial Universitaria, 2015, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", 2014.
- Orantes, A. Al rescate de los algoritmos para la enseñanza de las ciencias. Una herramienta para analizar y representar conocimientos condicionales. Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de las ciencias, artes y técnicas. CASTAÑEDA, S. México, UNAM, 1996. 299-332.

- Pedroso, Y. Modelo didáctico del proceso de desarrollo de habilidades de estudio en la disciplina Fundamentos de la Matemática Escolar. Pinar del Río, Universidad de Ciencias Pedagógicas “Rafael María de Mendive”, 2011. 180. p.
- Peng, A. A Case Study of Developing Students' Ability to Design Algorithm in LOGO Environment Research in Mathematical Education, 2007, 11(1): 65-74.
- Pérez, A. J. Algoritmos en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas UNIÓN: Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 2005, (1): 37-44.
- Plerou, A. and P. Vlamos Algorithmic Thinking and Mathematical Learning Difficulties Classification American Journal of Applied Psychology, 2016, 5(5): 22-31.
- Polya, G. How To Solve It. 2nd. Garden City, New York, Doubleday Anchor Books. Doubleday & Company, Inc., 1945.
- Portuondo, R.; C. Basulto, et al. Didáctica para Escuelas Preparatorias. Universidad de Camagüey, Centro de Estudios de Ciencias de la Educación “Enrique José Varona”, 2004.
- Risso, A.; M. García, et al. Un análisis de las relaciones entre funciones ejecutivas, lenguaje y habilidades matemáticas Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación, 2015, Extr.(9): A9073 -A9078.
- Silvestre, M. and J. Zilberstein. ¿Cómo hacer más eficiente el aprendizaje? México, Ediciones CEIDE, 2000..
- Talízina, N. F. Conferencias sobre "Los Fundamentos de la Enseñanza en la Educación Superior". Departamento de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior: Universidad de La Habana, 1985.
- ---. La formación de la actividad cognoscitiva de los escolares. México, Ángeles Editores S. A., 1992.
- --- Mecanismos psicológicos de la generalización Acta Neurol Colomb, 2008, 24(2): 76-88.
- Viera Montes de Oca, M. C. La algoritmización. ventajas y desventajas. Posibilidades de aplicación de este método. Revista Cubana de Psicología, 1993, 10(1): 53-57.
- Williner, B. Estudio de habilidades matemáticas cuando se realizan actividades usando software específico UNIÓN: Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 2011, (27): 115-129.