

Fecha de presentación: diciembre, 2015 **Fecha de aceptación:** febrero, 2016 **Fecha de publicación:** abril, 2016

ARTÍCULO 19

ENTRENAMIENTO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA DISCRETA. IMPACTO SOCIAL

TRAINING IN DISCRETE MATH'S PROBLEM-SOLVING. SOCIAL IMPACT

MSc. Gustavo Carranza Carpio¹

E-mail: gcarranzacarpio@gmail.com

¹Universidad de Cienfuegos. Cuba.

¿Cómo referenciar este artículo?

Carranza Carpio, G. (2016). Entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta. Impacto social. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 8 (1). pp.130-139. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>

RESUMEN

La matemática discreta no es bien comprendida por los implicados en la Educación Media. Aquí se brinda una panorámica de la importancia de la matemática discreta en el desarrollo actual de la sociedad y se aborda la necesidad del entrenamiento en la resolución de problemas. Se analizan las interrelaciones existentes entre las características psicopedagógicas y de la personalidad de los estudiantes implicados; los métodos y procedimientos para el desarrollo de la actividad tratada, las formas de organización del entrenamiento. Como consecuencia del proceso investigativo, se conceptualiza un sistema de principios propios para el entrenamiento en la resolución de problemas de matemática discreta, se analiza el impacto social del entrenamiento.

Palabras clave:

Entrenamiento, problema, resolución de problemas, talento, principios, impacto.

ABSTRACT

Discrete mathematics is not well understood by those involved in Media Education. Here an overview of the importance of discrete mathematics in the current development of society and the need to provide training is addressed in the resolution of their problems. The interrelationships between analyzed: educational psychology and personality characteristics of students involved; methods and procedures necessary for the development of the treated activity; forms of organization and training. As a result of the research process a system of own training principles for solving problems of discrete mathematics it is conceptualized. Finally, the social impact of training is analyzed.

Keywords:

Training, problema, problem solving, talent, principle, impact.

INTRODUCCIÓN

Un sistema educativo que pretenda estar comprometido con las perspectivas de desarrollo de la sociedad debe ser impulsor de las transformaciones sociales, de la equidad, la eficiencia y el servicio social. Las personas deben ser educadas para que puedan asimilar el creciente volumen de conocimiento generado por la ciencia actual y para que puedan transformarse ellas mismas en generadoras de conocimientos científicos, deben aprender a aprender y deben aprender a utilizar el método científico eficientemente.

Estas ideas básicas tienen antecedentes en la práctica educativa cubana. Desde las primeras décadas del siglo XIX surge una corriente del pensamiento nacionalista avanzado que sobrepasa los intereses de la reformista élite criolla. Para los principales representantes de esta corriente (Félix Varela, José Agustín Caballero, Justo Vélez, José Antonio Saco, José de la Luz y Caballero, Nicolás Escobedo, Francisco Ruiz), la ciencia ocupaba una posición destacada.

Este grupo de ilustres pensadores integrantes del claustro del Real Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio se oponían a la escolástica, preconizan la modernización de la enseñanza y la introducción de nuevas maneras de analizar y entender los fenómenos naturales y sociales, de modo consecuente con los avances científicos de la época (Chávez, 2003; Pruna, 2005, p. 83), como proponía Varela: “primero, ante todo, hay que pensar, razonar, de acuerdo con el método científico” (Pruna, 2005, p. 83).

Consecuente la misión de la ciencia y de la innovación tecnológica en Cuba radica en constituir un elemento dinamizador del desarrollo socialista y sostenible del país, contribuir a crear condiciones para la asimilación y desarrollo de tecnologías del futuro, educar a la población y en especial a las nuevas generaciones en la concepción científica del mundo y en los valores de la sociedad (...) (Hernández, 2010).

De lo anterior se infiere la necesidad de generar proyectos educativos que estimulen la vocación por la ciencia, que desarrollen las habilidades de los individuos, que tengan significación social y que sean consecuentes con las más nobles y revolucionarias tradiciones educativas en el país.

Por otra parte, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática es un proceso tecnológico sui géneris, además de la transmisión y asimilación del conocimiento, actúa en el desarrollo de las habilidades generales de carácter intelectual de los individuos, en el desarrollo de la creatividad y del talento, forma valores y debe capacitarlos para la resolución de problemas.

Para el análisis de este proceso el autor se posiciona en la filosofía de la pedagogía cubana, filosofía de la educación

“dialéctico materialista, entendida como expresión más alta de la evolución del legítimo desarrollo del pensamiento nacional” (López et al., 2002, p. 47), que en sus tesis no acabadas proponen: “El hombre es una realidad viva, bio-psico-social, individual-comunitario e histórico. La naturaleza humana es necesario considerarla en general y como históricamente condicionada por cada época; el hombre varía en el curso de la historia, se desarrolla, se transforma, es el producto de esta”.

En lo psicológico y lo sociológico se apega a la vertiente constructivista de la escuela histórico cultural de Vigotsky, las concepciones vigotskianas están bien enraizadas en la pedagogía y en el pensamiento pedagógico cubano es posible encontrar ideas precursoras que anticipan las concepciones actuales acerca de cómo debe transcurrir el proceso de enseñanza-aprendizaje en nuestras condiciones socio-educativas.

El enfoque constructivista desde las concepciones vigotskianas reconoce que el conocimiento es un proceso dinámico e interactivo entre diferentes personas, propicia el tránsito al carácter intrapsicológico del proceso y a la aparición del fenómeno conocido como metacognición; el contexto social, histórico y cultural donde se produce el aprendizaje es determinante en su ocurrencia y en su carácter exitoso o no.

El lenguaje es una herramienta mediadora subjetiva (psicológica) que junto con otras herramientas didácticas como los mapas conceptuales, condicionan y facilitan su desarrollo dentro del proceso pedagógico; el carácter directivo y estimulador del aprendizaje sobre el desarrollo psíquico, guía y propicia el desarrollo de los fenómenos y procesos psicológicos y, por tanto, de la personalidad en total (Ortiz, 2003, p. 6).

En el nivel metodológico particular para el proceso de enseñanza-aprendizaje, el constructivismo privilegia los métodos propiciadores del protagonismo, los que le confieren carácter activo al proceso, los que “exigen una actividad consciente, volitiva y afectiva” del estudiantado; en el nivel sociológico refleja un manifiesto compromiso con la sociedad, un activismo personal superior y “una comprensión más integral en cuanto al carácter educativo de lo instructivo que enfatiza en la importancia de que el conocimiento construido contribuye a desarrollar valores personales de fuerte arraigo social, o sea, la educación a través de la instrucción” (Ortiz, 2003, p. 9).

Particularmente, se estudia el proceso de enseñanza-aprendizaje de la solución de problemas de matemática discreta en los estudiantes del preuniversitario. Este artículo propone como objetivo reflexionar sobre la necesidad de entrenar a los estudiantes del preuniversitario en la resolución de problemas de matemática discreta, fundamentos y características propios de este proceso de enseñanza-aprendizaje y del impacto social de esta actividad.

DESARROLLO

Se comienza por responder la interrogante ¿Por qué matemática discreta?

En los siglos XIX y XX la matemática se caracterizó predominantemente por el estudio de problemas relativos a los conjuntos no discretos, en los que el análisis, por su potencia y repercusión en las aplicaciones técnicas, jugó un papel predominante en el desarrollo de la matemática del continuo. En 1946, después de varios descubrimientos ocurre un hecho trascendental, se construye el ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), la primera computadora moderna¹ que surge como una máquina de calcular, se caracteriza por ser: "(...) de utilidad general, electrónica, digital y programable; las dos últimas propiedades se relacionan directamente con las matemáticas" (Vázquez, 2001, p. 35). Aparece por primera vez una herramienta que reúne la modelización matemática, el análisis matemático, la simulación numérica, la visualización y el control.

Desde su advenimiento los ordenadores están cambiando la vida del ciudadano (las transacciones bancarias, correo electrónico, reservación de pasajes, educación, entre otros). Su efecto sobre la matemática es aún más dramático. Ramas de la matemática discreta cobran inusitada importancia, por ejemplo, la teoría de grafos (de las gráficas) con sus aplicaciones a las redes y en general al mundo de las comunicaciones. Aparecen nuevas ramas de la matemática computacional teórica, como la teoría de la computabilidad y la complejidad, teoría de autómatas y lenguajes formales. Además, no hay rama de la matemática pura o aplicada que no disfrute de la posibilidad de calcular efectiva y rápidamente lo que antes era imposible.

Otras muchas ciencias que necesitan operar con grandes volúmenes de datos, como la economía, la biología, la astronomía y las ciencias de la organización, son beneficiarias de este poder de cálculo. Las características de la computadora son invaluable para la realización de modelos y "La modelización matemática juega un papel mayor que nunca en la ciencia, la ingeniería, los negocios y las ciencias sociales" (Vázquez, 2001, p. 38).

Hay autores que plantean que en la cúspide de esta evolución acelerada y como consecuencia de ella está la génesis de un *nuevo paradigma científico en que la ciencia computacional es el tercer componente básico del método científico, junto con la teoría y el experimento*" (Vázquez, 2001, p. 37).

¹ Aunque, en realidad este mérito le corresponde a la máquina Z3 creada por Konrad Zuse en 1941 y presentada al mundo científico en Berlín en ese mismo año.

No existe ya el científico sin la computadora y no se debe perder de vista que el hecho de que una computadora es una máquina discreta y que los algoritmos utilizados en la ciencia de la computación, la informática y para la modelación de diversos fenómenos son también discretos, "ha dado lugar a un traslado de énfasis en la matemática actual hacia la matemática discreta" (Guzmán, 2012, p. 24).

Debido a esto, aparecen en la literatura los congresos y los programas de los institutos de investigación, retos y tendencias para la matemática en el siglo XXI estrechamente relacionados o formando parte de la matemática discreta. Toman el rumbo de la variación hacia la matemática discreta en las olimpiadas nacionales, regionales o internacionales de matemática (realizadas con el objetivo de estimular el estudio de esta ciencia, propiciar el desarrollo del talento matemático, identificar estudiantes talentosos) el número de problemas relativos a esta rama de la matemática está en aumento.

Por otra parte, las matemáticas son *ubicuas y relevantes*. De esta aseveración no escapa la matemática discreta que permite modelar, interpretar, explicar y predecir múltiples fenómenos de la realidad circundante y "ciertas porciones de ella son suficientemente elementales como para poder formar parte con éxito de un programa inicial de matemática" (Guzmán, 2012, p. 24).

La combinatoria clásica con sus múltiples y variados problemas de conteo, así como los aspectos modernos de ella, como la teoría de grafos o la geometría combinatoria, la lógica matemática, la teoría elemental de números, algunos aspectos elementales de la teoría de juegos y temas de probabilidad clásica, son candidatos de primer orden.

Este análisis permite asegurar que la sociedad no puede ser ajena a la matemática discreta, es una obligación de las instituciones pertinentes el accionar educativo para el entrenamiento de individuos en la resolución de problemas de esta rama de la matemática, de manera que hagan uso eficiente de ella y actúen consecuentemente en su desarrollo.

¿A quiénes entrenar en la resolución de problemas de matemática discreta?

En algunos países se han realizado intentos para introducir elementos de la matemática discreta en el currículo de la enseñanza matemática, con el marcado fin de influir sobre toda la población estudiantil, pero parece que es posible a expensas de otras porciones de la matemática con más arraigo, de las que no se ha encontrado la manera de prescindir (Guzmán, 2012, p. 24). En Cuba, unos pocos temas de matemática discreta como elementos formales de combinatoria, teoría de números y la definición clásica de probabilidad, forman parte del currículo de la enseñanza general, pero sin el énfasis necesario.

Hay autores que reconocen el papel de la motivación como un elemento mediador del proceso de aprendizaje y en general de la actividad. "Es el desarrollo de motivaciones internas hacia el aprendizaje de las ciencias lo que constituye la fuente principal de la que pueden surgir nuevos motivos para aprender y profundizar permanentemente en este significativo campo del saber" (Zilberstein & Portela, 2003, p. 2).

Por esta causa entre los estudiantes factibles de ser incluidos en este entrenamiento se encuentran aquellos que se sienten motivados (o se logren motivar) por participar en concursos u olimpiadas de matemática y de manera especial los estudiantes talentosos en matemática. Además, estos alumnos usualmente continúan estudios en carreras de ciencias en las universidades.

Erróneamente se pudiera pensar que los estudiantes talentosos son los que obtienen mejores calificaciones en la asignatura matemática y manifiestan de manera explícita apego o interés por ella; no se debe olvidar que estos estudiantes no constituyen grupo homogéneo en los órdenes cognitivo ni socio-afectivo (Castellanos, 2009; Lima et al., 2004; Renzulli, 1992; Silverman, 1993; Soriano & De Souza, 2001).

Este tipo de estudiante es poco frecuente y se da tanto "en los extremos altos y bajos de la escala del rendimiento intelectual", Castellanos (2009); en muchas ocasiones no encuentran retos o motivos interesantes en la clase convencional en la que el profesor trata de nivelar a todos los estudiantes y olvida las necesidades específicas de estos alumnos.

Si se trabaja adecuadamente con estos estudiantes se puede dar cumplimiento a lo propuesto en el Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe, en cuanto a la necesidad de eliminar o compensar la desigualdad de oportunidades aprendiendo a coexistir con las diferencias: "La igualdad de oportunidades no significa tratar a todos por igual, sino proporcionar a cada uno lo que necesita para potenciar al máximo sus posibilidades y su identidad" (Oficina Regional de Educación de la UNESCO, 2003, p. 7).

¿Qué características psicopedagógicas tienen estos estudiantes?

Según Torres Rodríguez (2009, pp. 49-57) con el que coincide el autor, los estudiantes talentosos reúnen en lo general un grupo de características que permiten en alguna medida su identificación:

- *Son excepcionales*: en general se comportan de una manera peculiar y específica que los diferencia del resto del grupo.
- *Alta capacidad intelectual y/o desempeños notables en áreas específicas*.

- *Ellos saben y lo saben*: disponen de un caudal de saberes sobre diferentes materias curriculares que utilizan de manera creativa y consciente.
- *Tienen un estilo de pensamiento propio*: disfrutan a plenitud cuando pueden seguir su orden mental y elegir procedimientos para solucionar los problemas. Se sienten más cómodos cuando trabajan solos.
- *Intereses focalizados estables*: mantienen un alto compromiso ante la tarea de su preferencia y actúan impulsados por fuertes motivaciones intrínsecas y se resisten a las tareas impuestas si no son de su agrado.
- *Personalidad peculiar*: sienten la necesidad de ser competentes en la actividad, se motivan por el éxito, prefieren lo novedoso y la búsqueda de nuevos motivos, se autoimponen retos graduales, tienen un alto desarrollo de la autovaloración, un gran poder metacognitivo, disposición y voluntad para asumir riesgos, capacidad para tolerar la incertidumbre y actitud abierta y flexible ante lo nuevo.
- *Niveles favorables de inteligencia y creatividad*: perciben la situación, hecho o problema con gran facilidad; valoran su complejidad y movilizan los recursos intelectuales y volitivos disponibles para enfrentarla; orientan convenientemente su modo de actuación; acometen la realización de la tarea con seguridad y optimismo, pero mantienen una evaluación constante de los resultados y pertinencia de las acciones realizadas y por realizar; si la consideran oportuna y relevante persisten en la estrategia, en caso contrario, reorientan con ingenio su modo de actuación; pueden explicar o comunicar el resultado de sus realizaciones de manera clara y sencilla.

Del análisis de las características de este sector de la población estudiantil se infiere que es un grupo heterogéneo con exigencias y posibilidades individuales y/o grupales de aprendizaje no común, con necesidades educativas diferenciadas que generalmente no son satisfechas por los programas regulares. Estas son las llamadas "*necesidades educativas especiales*" (Castellanos, 2009, pp. 67-68).

Se ha declarado la necesidad de entrenar en la solución de problemas de matemática discreta, a quiénes entrenar y sus principales características, es lógico preguntarse:

¿Qué debe caracterizar la acción educativa sobre estos estudiantes?

La intervención educativa debe ofertar a estos estudiantes un sistema de actividades "diferenciadas y desafiantes" (Castellanos & Vera, 2009, p. 85) que respondan a sus intereses y necesidades en lo cognitivo, motivacional y psicológico, de manera que en el desarrollo del proceso confluyan

armoniosamente el protagonismo y el crecimiento de todos los implicados.

Las actividades deben estar sustentadas científicamente, mantener la unidad entre la teoría y el método, de manera coherente con los fundamentos asumidos. Un carácter sistémico y flexible basado en la contextualización de este sistema de actividades en cuanto a caracterización psicopedagógica y etapa de desarrollo de los estudiantes y docentes, particularidades socioculturales de la escuela y de la comunidad, permitirá un correcto análisis de los contextos y niveles factibles para la actividad que fije los límites y el alcance de esta acción en cada instante y la propuesta de objetivos generales y particulares realistas.

Castellanos y Vera (2009, pp. 95-96) definen los principios generales que debe cumplir toda intervención educativa desarrolladora del talento: finalidad desarrolladora dentro de la apertura a la diversidad; sustento científico; carácter sistémico y flexible; participación de toda la comunidad escolar; empoderamiento del profesorado y perfeccionamiento del desempeño profesional; viabilidad de objetivos, tareas y acciones; sostenibilidad de las acciones emprendidas.

Pero este sistema de principios, es a juicio del autor, muy general para la intervención educativa que se pretende realizar; se hace necesario la definición y conceptualización de un sistema de principios didácticos propios y específicos para el entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta.

No se debe olvidar que estos estudiantes están interesados en participar en el sistema de concursos de matemática en sus diferentes etapas (base o escuela, provincial, nacional), se interesan por integrar la preselección nacional y en un último momento por participar en alguna de las tres olimpiadas regionales o internacionales a las que es invitada Cuba. Cada una de esas etapas tiene sus características propias y un nivel ascendente en cuanto a complejidad y exigencias.

En la búsqueda de tal sistema de principios se utilizó el método Delphi, mediante el cual, a partir de una propuesta inicial de 50 expertos, se realizó una selección de 26 especialistas que participaron en las tres rondas indagatorias realizadas.

Lo anterior da como resultado el sistema específico de principios para el entrenamiento en la resolución de problemas de matemática discreta, que complementa el sistema general de principios anteriormente mencionado:

- Diagnóstico objetivo, integral y constante.
- Dirección con vistas a logros docentes superiores.
- Aumento progresivo, máximo y ondulatorio de la dificultad y/o complejidad de los problemas.

- Continuidad del proceso de entrenamiento.
- Carácter cíclico del proceso de entrenamiento.
- Unidad entre el aprendizaje del contenido y de los procesos metacognitivos.
- Interdisciplinariedad.

Diagnóstico objetivo, integral y constante

El éxito de cualquier proceso educativo depende de la adecuación de las actividades planificadas a los conocimientos, habilidades y capacidades de las personas implicadas; al desarrollo psíquico; a las características de la personalidad. Es necesario determinar el estado real previo de los estudiantes para enfrentar la actividad, este estado "atañe no solo a los tipos intelectuales, cognoscitivos de la actividad, este abarca todos los aspectos de la personalidad" y peculiaridades sociológicas. (Arteaga, 2003, p. 1)

Este estado real previo (caracterizado por Vigotski como zona de desarrollo actual) es cambiante en el tiempo, se necesita tener información actualizada del mismo.

Dirección con vistas a logros docentes superiores

El entrenamiento para la participación en concursos u olimpiadas de matemática presupone siempre una orientación hacia el logro de elevados resultados docentes y a su constante mejoramiento; a la actividad realizada en la solución de problemas de matemática discreta de manera competitiva le es inherente la orientación tendiente hacia el máximo resultado.

Los resultados en las competiciones son importantes no solo por lo que representan en sí, sino como índices o indicadores concretos del desarrollo de las capacidades y habilidades alcanzadas por los participantes. Estos resultados son además una muestra de la calidad alcanzada en el proceso docente educativo por las diferentes agencias educativas.

Aumento progresivo, máximo y ondulatorio del grado de dificultad y/o complejidad de los problemas

El proceso de dirección del desarrollo intelectual del hombre surge lógicamente de la necesidad de aumentar de manera gradual las cargas de la actividad intelectual. Esto es justo en gran medida para el entrenamiento en la solución de problemas, el nivel de los logros que se alcanzan es proporcional al nivel de exigencias del entrenamiento. En este proceso crecen gradualmente tanto el grado de dificultad y/o complejidad de los problemas a solucionar como las exigencias en cuanto al crecimiento integral del individuo y del grupo.

Cuando se aplica un esfuerzo grande para solucionar un problema o sistema de problemas, es necesario disminuir después en alguna medida la dificultad y/o complejidad del problema

siguiente. Esto se fundamenta fisiológica y psicológicamente, en que mientras mayor sea el esfuerzo, mayores serán los cambios funcionales que se produzcan y mayor el tiempo de recuperación de la capacidad de trabajo y de adaptación a dicho esfuerzo, si se sigue aumentando continuamente el grado de dificultad y/o complejidad de los problemas, se alcanzará un momento de agotamiento del estudiante con la consecuente disminución de su rendimiento y esto puede provocar desmotivación y pérdida de autoestima.

Si por el contrario, en el momento adecuado se disminuye el grado de dificultad y/o complejidad de un problema, el esfuerzo necesario por parte del estudiante no será tan alto, lo que permite la recuperación de su capacidad de trabajo dentro de la propia actividad, entonces al poderle dar solución relativamente rápida o fácil a un problema se elevará su autoestima.

La dinámica de este proceso de aumento y disminución consciente de los grados de dificultad y/o complejidad de los problemas al ser representada gráficamente simula una onda que depende del momento particular del entrenamiento: durante la sesión de entrenamiento, durante el ciclo de entrenamiento y durante el año.

Continuidad del proceso de entrenamiento

La esencia de este principio se explica como proceso de entrenamiento ininterrumpido. Este proceso no concluye con el fin de la actividad presencial, continúa en la actividad independiente del estudiante. En múltiples ocasiones la solución de un problema ocupa varios días o más tiempo aún. El proceso de entrenamiento transcurre a lo largo del ciclo, del año y durante varios años seguidos, mantiene la orientación a la adquisición de conocimientos y al perfeccionamiento y desarrollo de las habilidades en la solución de problemas.

Carácter cíclico del proceso de entrenamiento

Este principio se fundamenta en la teoría del desarrollo en espiral de V. I. Lenin. El carácter cíclico es la sucesión relativamente concluida de ciertos entrenamientos, etapas o tendencias y períodos que son característicos de la estructura propia del entrenamiento, pero que no pueden ser vistos como la mera repetición unos de otros; de un ciclo a otro se aumenta la dificultad y complejidad de los problemas y se tratan nuevos contenidos para los que no estaba ni docente, ni psicológicamente preparado el estudiante en el ciclo anterior.

El carácter cíclico se manifiesta por dos situaciones básicas:

- El contenido del entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta es necesario variarlo de forma tal que propicie el desarrollo de las capacidades y habilidades de los estudiantes. Esto se logra mediante cambios periódicos de temáticas, herramientas y métodos durante

el proceso de entrenamiento en los límites de un tiempo determinado.

- Todos los cambios se deben efectuar en los límites de ciertos tiempos, establecidos con anticipación por la RM 91/07 (MINED, 2007) que abarcan la preparación del estudiante. Estos tiempos son definidos por el autor de la siguiente manera²: microciclo (ciclo que ocupa el tiempo entre el inicio del curso escolar y el fin de una etapa o entre dos etapas); mesociclo (coincide con el curso escolar) y macrociclo (coincide con el tránsito del estudiante por la Educación Media Superior).

Unidad entre el aprendizaje del contenido y de los procesos metacognitivos

En el proceso de enseñanza-aprendizaje debe ser intencionalmente guiada la atención de los estudiantes tanto a contenidos, métodos y estrategias propios de la matemática discreta como al análisis de los procesos metacognitivos actuantes. En la medida en que el estudiante domine las peculiaridades de sus procesos metacognitivos y se habitúe a reflexionar sobre las maneras en las que logra su propio conocimiento, podrá desarrollar su pensamiento estratégico y regular la propia actividad de aprendizaje.

Interdisciplinariedad

Se fundamenta en el hecho de que es difícil hallar un problema que se circunscriba solamente a una de las disciplinas o ramas de la matemática; ellas se interrelacionan de una u otra manera en cada problema y las estrategias y métodos de solución son también comunes a varias de ellas.

¿Cómo organizar esta acción educativa?

Diferentes autores reconocen, entre otras, tres modalidades básicas para el desarrollo de acciones educativas con estudiantes talentosos: aceleración, enriquecimiento y orientación; diferentes maneras de organización: segregación, agrupación por capacidad, grupos heterogéneos, integración a la clase regular, actividad extradocente, opciones mixtas. Es imposible diferenciarlas totalmente unas de otras. (Castellanos, 2009, pp. 72-76; Guzmán, 2003, pp. 6-7)

En este caso se opta por el enriquecimiento, con actividades extracurriculares, en un grupo heterogéneo estratificado tanto por edades, como por nivel de escolaridad, como por habilidades y capacidades, pero homogéneo en su interés y motivaciones. Esta decisión muestra sus ventajas y desventajas.

Las ventajas de esta elección están dadas por el hecho de que al implementar cambios en la naturaleza del proceso de enseñanza-aprendizaje, en cuanto a objetivos, contenidos,

² Los nombres fueron extrapolados de la Pedagogía Deportiva.

métodos, medios, ambiente, evaluación, se rompe con el lastre de la desmotivación de aquellos estudiantes que habían caído en el desinterés y la desidia, provocada por la falta de retos de la clase tradicional y desatención de sus necesidades educativas y se aumenta el interés y la motivación de los demás; en un grupo con tales características se puede promover la cooperación entre los estudiantes de diferentes edades, grados o habilidades y capacidades, generando un aprendizaje en alguna medida cooperativo, logra mayor adaptación afectiva y social. (Castellanos, 2009, p. 75).

Entre las desventajas se destaca en primer lugar que pueden generarse procesos de resistencia social o individual al cambio, dados por el desconocimiento del aporte de esta actividad a cada individuo y una contradicción aparente entre masividad y calidad.

Por otra parte, esta modalidad y forma de organización exige del docente mayor esfuerzo en lo educativo debido a la diversidad dentro del grupo, mayor nivel de capacitación y mayor implicación personal en la actividad.

¿Cómo realizar el tratamiento didáctico de los procedimientos de solución?

El autor defiende la tesis de que la instrucción heurística es la más adecuada para esta intervención educativa, por cuanto se pretende enseñar de manera consciente y planificada las reglas generales de la heurística para la solución de problemas.

En la escuela media cubana se trata de estimular el uso del programa heurístico general de Polya; se estudia en las universidades pedagógicas, pero hay autores (Carranza Carpio & Muñoz del Sol, 2010; Mazarío Triana et al., 2009; Mazarío, Hernández, Yll, Horta, & Mazarío, 2002; Nieto, 2004; Schoenfeld, 1985, 2002) que hacen algunas críticas al mismo.

Alan H. Schoenfeld (1992, p. 20) identifica cinco aspectos cognitivos relevantes que influyen en la solución de problemas matemáticos:

- *Recursos cognitivos (The knowledge base)*. Son los conocimientos matemáticos generales, tanto de conceptos y resultados como de procedimientos (algoritmos).
- *Heurística (Problem solving strategies)*. Es el conjunto de estrategias y técnicas para resolver problemas que conocemos y estamos en capacidad de aplicar.
- *Autorregulación o control (Self-regulation, or monitoring and control)*. Es la capacidad de utilizar lo que sabemos para lograr un objetivo.
- *Creencias y afectos (Beliefs and affects)*. Se refiere a aquellas creencias y opiniones relacionadas con la resolu-

ción de problemas y que pueden afectarla favorable o desfavorablemente.

- *Entrenamiento (Practices)*.

La importancia del primer factor es obvia. Sin embargo, no siempre es suficiente poseer un amplio bagaje de conocimientos matemáticos para solucionar un problema no rutinario. También es necesario dominar técnicas y estrategias que ayuden a atacar el problema, la heurística.

Para resolver problemas no rutinarios en dominios ricos en contenido, como la matemática discreta, se requiere de ese factor adicional que se llama autorregulación o control; "actúa como una voz interior que nos dice qué ideas y estrategias (entre muchas alternativas posibles) nos conviene aplicar para el problema que tenemos entre manos, o bien si debemos abandonar un camino que no parece arrojar resultados o por el contrario redoblar esfuerzos y perseverar en él" (Nieto, 2004, pp. 11-12).

La mayor parte de los estudiantes noveles que se enfrentan a la solución de problemas desconocen o fallan en el uso de las técnicas operacionales demostradas por los estudiantes expertos. Tales técnicas pueden ser asimiladas como resultado de una instrucción focalizada explícitamente sobre aspectos metacognitivos del pensamiento matemático. En este sentido pudieran ayudar, por poner un ejemplo, un sistema de interrogantes como las siguientes, realizadas en cualquier momento del proceso de solución: ¿Qué estás haciendo exactamente? ¿Puedes describirlo de manera precisa? ¿Por qué lo estás haciendo? ¿Cómo se ajusta esto a tu solución? ¿En qué te ayuda esto? ¿Qué harás con este resultado parcial cuando lo obtengas? (Schoenfeld, 1992, pp. 62-63).

Las creencias y afectos inciden en el proceso de solución de problemas. Ciertas creencias habituales entorpecen el accionar de cualquier persona en la solución de un problema. Es fundamental la autoestima, la autovaloración y la motivación del individuo, estas pueden crear un ambiente psicológico apropiado para la solución. No solo importan las creencias de los estudiantes, también son importantes las de los profesores, el sentir del profesor sobre la actividad matemática condiciona el ambiente de la clase creado por él.

No pueden ser olvidadas las creencias de la sociedad, las creencias y afectos de los individuos se adquieren y modifican tanto por la experiencia individual como por la cultura del medio social en que se desenvuelve. Schoenfeld (1992, pp. 67-74). La cultura social incide además en la sensibilidad y el sentido estético del individuo, en la solución de problemas (Nieto, 2004, p. 8).

El entrenamiento actúa en la adquisición de conocimiento, habilidades, y capacidades como resultado de la

enseñanza-aprendizaje de habilidades prácticas relacionadas con aptitudes útiles para solucionar problemas. No se debe entender este como la mera repetición de actividades. Hay que centrar la atención en la repetición de procesos de cognición y metacognición variando los problemas tanto en nivel de dificultad como de temática.

Propuesta

El autor asume como estrategia didáctica la definida por Rodríguez del Castillo y Rodríguez Palacios (2011, p. 39): "es la proyección de un sistema de acciones a corto, mediano y largo plazos que permite la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje en una asignatura, nivel o institución tomando como base los componentes del mismo y que permite el logro de los objetivos propuestos en un tiempo concreto".

Las premisas de esta estrategia fueron analizadas y descritas con anterioridad y se desarrolla siguiendo el criterio de los mismos autores, en seis etapas:

Etapa I. Introducción-fundamentación: se establece el contexto y ubicación de la problemática a resolver. Ideas y puntos de partida que fundamentan la estrategia.

Etapa II. Diagnóstico: se indica el estado real del objeto y se evidencia el problema en torno al cual gira y se desarrolla la estrategia.

Etapa III. Planteamiento del objetivo general.

Etapa IV. Planeación estratégica: se definen metas u objetivos a corto y mediano plazos que permiten la transformación del objeto desde su estado real hasta el estado deseado. Planificación por etapas de las acciones, recursos, medios, y métodos que correspondan a estos objetivos.

Etapa V. Instrumentación: se explica cómo se aplicará, bajo qué condiciones, durante qué tiempo, responsables y participantes.

Etapa VI. Evaluación: se definen los logros y obstáculos que se han ido venciendo, valoración de la aproximación lograda al estado deseado.

Aún se está desarrollando la fase final de la evaluación de la estrategia.

Impacto social del entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta.

"La evaluación del impacto social (EIS) consiste en el análisis, seguimiento y la gestión de las consecuencias sociales del desarrollo (...) comprende los procesos de análisis, seguimiento y gestión de las consecuencias sociales voluntarias e involuntarias, tanto positivas como negativas, de las intervenciones (políticas, programas, planes, proyectos), así como cualquier

proceso de cambio social invocado por dichas intervenciones" (Asociación Internacional de Evaluación del Impacto, 2011, p. 3).

El impacto económico de la ciencia y la tecnología es factible de ser medido por métodos cuantitativos y existen normas internacionales y nacionales para hacerlo. Sin embargo no ocurre así con el impacto social. "no existen normas internacionales para la medición del impacto social de la ciencia y tecnología, ni como parte de la "familia Frascati"³, ni en el marco de las actividades de normalización de la UNESCO u otras organizaciones internacionales" (Fernández, 2012, p. 14).

La Asociación Internacional de Evaluación de Impacto (2011, p. 9) que promueve la aplicación de enfoques integrales y participativos en las evaluaciones de impacto, define un conjunto de principios específicos para la evaluación del impacto social, entre los que se encuentra: "Las consideraciones ligadas a la equidad deben ser un elemento fundamental de la evaluación de impacto y la planificación del desarrollo".

El autor coincide con Berner, Cooper, Guzmán, M. y Guzmán, N. (2005, p. 2) cuando plantean: "La evaluación de los resultados de un programa público requiere desarrollar un proceso de trabajo sistemático e independiente orientado a responder preguntas tales como: ¿Se ha contribuido significativamente a resolver el problema que dio origen al programa? ¿Los receptores de los bienes y servicios que genera el programa han resultado realmente beneficiados? ¿Los beneficios recibidos por los participantes son los que se había propuesto lograr el programa o son otros no previstos? ¿Los beneficios están llegando a la población que se pretende atender? ¿Los usuarios del programa están satisfechos con los bienes y servicios recibidos?"

Pese a que el proceso de validación y análisis final de los resultados de la aplicación de la propuesta no ha concluido, el autor es del criterio de que puede dar respuesta a estas interrogantes de manera objetiva, desprejuiciada y justa, como su experiencia y objetividad se lo permitan.

Desde el primer momento la intervención educativa estuvo intencionalmente permeada por consideraciones ligadas a la equidad, por cuanto se pensó siempre en la atención de una parte de la población estudiantil de la que generalmente se olvidan sus necesidades educativas especiales.

Se contribuyó de manera efectiva a la solución del problema y se logró que los estudiantes participantes fuesen realmente beneficiarios de la intervención educativa, se logró que este

³ Se refiere al Manual de Frascati, Método normalizado propuesto para las encuestas de investigación y desarrollo experimental, 5ª Edición, París. (Nota del autor)

grupo de estudiantes dominen contenidos y procedimientos de una rama de la matemática de inusitada importancia y actualidad y que evidencien además, mayor desarrollo de habilidades y capacidades en la solución de problemas de matemática discreta. Ellos extrapolan lo aprendido a la solución de problemas de otras asignaturas o ciencias y a la vida real.

Además de los beneficios propuestos en el programa los participantes crecieron en los planos psicológico y sociológico, ganaron conciencia real de sus potencialidades cognitivas y metacognitivas; en muchos casos aprendieron la necesidad y conveniencia del trabajo colectivo, además del individual; se crearon o desarrollaron en ellos valores (constancia, perseverancia, solidaridad, honestidad, valentía); aprendieron a defender sus puntos de vista y creencias, sin irrespetar a los demás; se enriqueció su vocabulario; crecieron culturalmente; ganaron conciencia de la necesidad de exigir y de que se les respeten sus derechos.

Los estudiantes que transitaron por la experiencia además de los logros antes descritos alcanzaron magníficos resultados en las pruebas de ingreso a la universidad y ellos, y sus familias se sienten agradecidos de que esta intervención educativa los guiara y les permitiera "haber aprendido a pensar". Mantienen altos resultados en sus respectivas carreras.

Para ser honesto y objetivo se hace necesario reconocer que en varias ocasiones estos estudiantes son rechazados por profesores y directivos aislados en todos los niveles, las causas habría que desentrañarlas en otra investigación.

Cuando el investigador realiza un análisis retrospectivo del proceso investigativo se percató de que este proceso había comenzado de manera necesaria y empírica desde el 2007 en la preselección nacional para la participación en olimpiadas internacionales. De los estudiantes entrenados en la solución de problemas de matemática discreta en estos años (112 en total) 36 participaron en olimpiadas internacionales y todos fueron galardonados: 2 medallas de oro, 3 de plata, 7 de bronce y 6 menciones honoríficas en las Olimpiadas Iberoamericanas; 3 oros, 7 platas, 2 bronce y 3 menciones, en Olimpiadas Centroamericanas y del Caribe; 2 platas y 3 menciones en la Olimpiada Internacional de Matemática.

Estos resultados hablan por sí mismos, aunque no son totalmente atribuibles al entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta y sí al trabajo y esfuerzo mancomunado del equipo multidisciplinar de profesores-entrenadores de matemática. Se asegura, entonces, que la intervención educativa realizada sí tiene impacto en la sociedad.

CONCLUSIONES

La matemática discreta desempeña un rol importante en el desarrollo científico-técnico de la sociedad y penetra todas las esferas de la vida de la sociedad actual y futura, por lo que es necesario el estudio de su sistema conceptual-metodológico-procedimental y depende de individuos debidamente entrenados que la vean no solo como un medio para la consecución de los objetivos de otras ciencias y la sociedad, sino además como un fin en sí misma.

El entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta es un medio efectivo para satisfacer necesidades educativas especiales de estudiantes talentosos en matemática y para generar un entorno educativo con influencias significativas para el desarrollo intelectual y psicosocial de estos alumnos.

El entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta tiene efecto fundamental en el dominio de los procesos metacognitivos que se desarrollan en la resolución de problemas propios de esta rama de la matemática, pero que son procesos estructural y funcionalmente isomorfos a los que ocurren en la solución de un problema científico, por lo que esta actividad además del impacto a corto plazo en los implicados y por tanto, en la sociedad, tiene un impacto futuro de consecuencias invaluable para el desarrollo científico-técnico.

El sistema de principios didácticos definido para el entrenamiento en la solución de problemas de matemática discreta puede ser generalizado a la solución de problemas concernientes a otras ramas de la matemática pues tiene carácter general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga Valdés, E. (2003). Las tareas de contenido y las tareas formales para el diagnóstico en la asignatura Matemática. En *Universalización de la enseñanza superior* (Segunda.). Ciudad de La Habana: EMPROMAVE.
- Asociación Internacional de Evaluación del Impacto. (2011, Abril 13). Principios internacionales de la evaluación del impacto social. PREVAL. Recuperado a partir de <http://preval.org/files/00426.pdf>
- Berner, H., Cooper, R., Guzmán, M., & Guzmán, N. (2005, diciembre 15). Metodología evaluación de impacto. División de Control de Gestión de la Dirección de Presupuesto. Ministerio de Hacienda. Gobierno de Chile. Recuperado a partir de www.dipres.gob.cl/.../evaluacion_impacto/metodologia_impacto.pdf
- Carranza Carpio, G., & Muñoz del Sol, L. (2010, junio). Grafos, una herramienta interesante para la modelación de problemas. *Revista Conrado*, 6(22). Recuperado a partir de <http://conrado.revistas.cf.rimed.cu/articulo/mostrar/grafos-una-herramienta-interesante-para-la-modelacion-de-problemas>

- Castellanos Simons, D. (2009). El estudiante talentoso y sus necesidades educativas especiales. En C. Canetti Morales (Ed.), *Talento: concepciones y estrategias para su desarrollo en el contexto escolar* (pp. 61-81). Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Castellanos Simons, D., & Vera Salazar, C. (2009). La intervención educativa para el desarrollo del talento en la escuela. En C. Canetti Morales (Ed.), *Talento: concepciones y estrategias para su desarrollo en el contexto escolar* (pp. 83-102). Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Chávez Rodríguez, J. (2003). *Bosquejo histórico de las ideas educativas en CUBA*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Fernández Polcuch, E. (2012, junio 12). La medición del impacto social de la ciencia y tecnología. Recuperado a partir de www.ricyt.org/index.php?option=com_docman...2
- Guzmán Ozámiz, M. de. (2003). El tratamiento educativo del talento especial en matemáticas. EMPROMAVE.
- Guzmán Ozámiz, M. de. (2012, Noviembre 9). Tendencias innovadoras en educación matemática. *Cátedra Miguel De Guzmán*. Recuperado 10 de abril de 2013, a partir de <http://www.mat.ucm.es/catedramdeguzman/legado/educación/tendenciasInnovadoras>
- Hernández Gil, J. L. (2010, febrero 25). Guía Iberoamericana de la Administración Pública de la Ciencia. Cuba. Organización de Estados Iberoamericanos. Recuperado a partir de <http://www.oei.es/guiaciencia/>
- Lima Soriano de Alencar, E. M., Ball Vargas, M., Benavides Simon, M. J., Betancourt Morejón, J., Blanco Guijarro, R., Castro Martínez, E., ... Villegas Castellanos, J. L. (2004). *La educación de niños con talento en Iberoamérica*. (M. J. Benavides Simon, A. Maz Machado, E. Castro Martínez, & R. Blanco Guijarro, Eds.). Santiago de Chile: Editorial Trineo S.A.
- López Hurtado, J., Esteva Boronat, M., Rosés, M. A., Chávez Rodríguez, J., Valera, O., & Ruiz Aguilera, A. (2002). Marco conceptual para la elaboración de una teoría pedagógica. En *Compendio de Pedagogía* (pp. 45-60). Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Mazarío Triana, I., Hernández Camacho, R., Yll Lavin, M., Horta Navarro, M., & Mazarío Triana, A. C. (2002). Reflexiones sobre un tema polémico: la resolución de problemas. Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos».
- Mazarío Triana, I., Sanz Cabrera, T., Hernández Camacho, R., Yll Lavin, M., Horta Navarro, M., & Mazarío Triana, A. C. (2009). Reflexiones sobre un tema polémico: la resolución de problemas. En *Estrategias de aprendizaje en la nueva universidad* (p. --56). Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria.
- MINED. (2007). Resolución Ministerial 91/07.
- Nieto Said, J. H. (2004, julio 24). Resolución de problemas matemáticos. *Talleres de formación matemática*. Recuperado 7 de diciembre de 2010, a partir de <http://ommcolima.ucol.mx/guias/TallerdeResolucionproblemas.pdf>
- Oficina Regional de Educación de la UNESCO. (2003). *Proyecto Regional de Educación (PREALC) y los mecanismos de seguimiento*. UNESCO.
- Ortiz Torres, E. (2003). ¿Somos constructivistas? Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya.
- Pruna Goodgall, P. M. (2005). *Historia de la Ciencia y la Tecnología en Cuba*. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- Renzulli, J. S. (1992). A general theory for the development of creative productivity in young people. En *Talent for the future* (pp. 51-72). Assen/Maastricht: Van Gorcum.
- Rodríguez del Castillo, M. A., & Rodríguez Palacios, A. (2011). La estrategia como resultado científico en la investigación educativa. En L. Salas Peláez (Ed.), *Resultados científicos en la investigación educativa* (pp. 22-40). Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problems Solving*. New York: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics. En D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New York: MacMillan.
- Schoenfeld, A. H. (2002). A highly interactive discourse structure. En *Social Constructivist Teaching* (Vol. 9, pp. 131-169). New York: Elsevier Science Ltd.
- Silverman, L. K. (1993). Counseling Needs and Programs for Gifted. En K. A. Heller, F. J. Mönks, & A. H. Passow (Eds.), *International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talent* (pp. 631-648). Oxford: Pergamum Press.
- Soriano, E., & De Souza, D. (2001). *Superdotados: Determinantes, Educação e Ajustamento* (Segunda.). Sao Paulo: Pedagógica e Universitária, LDTA.
- Torres Rodríguez, O. (2009). ¡Atención educadores! ¿Quiénes son los estudiantes superdotados y talentosos? En C. Canetti Morales (Ed.), *Talento: concepciones y estrategias para su desarrollo en el contexto escolar* (pp. 49-59). Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vázquez, J. L. (2001). Matemáticas, Ciencia y Tecnología: una relación profunda y duradera. *Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada*, (19), 69-112.
- Zilberstein Toruncha, J., & Portela Falguera, R. (2003). La motivación e intereses cognitivos en la enseñanza de las ciencias.