

Heurística de problemas en la formación de profesores de matemática

Sandra Virginia Leal Huise¹
Universidad Simón Bolívar

RESUMEN

En este artículo se presenta la heurística de problemas a partir de una discusión teórica que la sustenta y de una experiencia de investigación cualitativa con un grupo de profesores de matemática que laboran en educación media general (bachillerato) del sistema educativo venezolano. El análisis de los relatos biográficos de los profesores entrevistados permitió: 1) identificar y describir los diferentes procesos característicos de la heurística de problemas (identificación, hallazgo, descubrimiento, encuentro, construcción y sensibilidad a los problemas); 2) esbozar una propuesta de formación de profesores de matemática sustentada en la resolución y en la heurística de problemas; 3) reflexionar sobre las potencialidades de la heurística de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática y en la investigación en el campo de la educación matemática.

Palabras clave: Resolución de Problemas. Heurística de Problemas. Investigación Cualitativa. Formación de Profesores de Matemática.

Problem heuristics in the mathematics teachers education

ABSTRACT

This article presents the problem heuristics from a theoretical discussion that supports it and a qualitative research experience with a group of mathematics teachers who work in general secondary education (baccalaureate) of the Venezuelan educational system. The analysis of the biographical accounts of the teachers interviewed allowed: 1) to identify and describe the different characteristic processes of the problem heuristics (identification, finding, discovery, encounter, construction and sensitivity to problems); 2) outline a proposal for the training of mathematics teachers based on problem solving and problem heuristics; 3) reflect on the potentialities of problem heuristics in the teaching and learning of mathematics and in research in the field of mathematics education.

Keywords: Problem Solving. Problem Heuristics. Qualitative Research. Training of Mathematics Teachers.

Heurística de problemas na formação de professores de matemática

RESUMO

Este artigo apresenta a heurística do problema a partir de uma discussão teórica que a sustenta e de uma experiência de pesquisa qualitativa com um grupo de professores de matemática que atuam no ensino médio geral (bacharelado) do sistema educacional venezuelano. A análise dos relatos biográficos dos professores entrevistados permitiu: 1) identificar e descrever os diferentes processos característicos da heurística do problema (identificação, encontrando, descoberta, encontro, construção e sensibilidade aos problemas); 2) traçar uma proposta de formação de professores de matemática com base na resolução de problemas e heurística do problema; 3) refletir sobre as potencialidades das heurística do problema no ensino e aprendizagem da matemática e na investigação no domínio da educação matemática.

Palavras-chave: Resolução de problemas. Heurística do problema. Pesquisa qualitativa. Formação de Professores de Matemática.

INTRODUCCIÓN

El término *problema* es común a todas las disciplinas pues en todas ellas se plantean problemas y se buscan soluciones (KRINGS; BAUMGARTHER; WILD, 1979). En cuanto al concepto de problema, Becerra (2006, 2009) lo asocia a una situación o cuestión de dificultad, conflicto o expectativa impregnada de incertidumbre, que trata de conocerse o aclararse, que

¹ Doutora. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8486-3863> E-mail: sleal@usb.ve, sandralealhuise@gmail.com

no se supera espontáneamente, sino por el esfuerzo intelectual. A esto, Leal (2006) agrega que se trata de una situación novedosa, desconocida e indeterminada asociada a una dificultad cognoscitiva, a una pregunta sin respuesta espontánea o trivial, a un obstáculo que obstruye el paso de un lugar a otro, a un desequilibrio entre lo que se tiene y lo que se desea; tal situación produce preocupación y deseos de transformarla, o resolverla o darle respuesta.

A pesar de que las definiciones anteriores parecen incluir una variedad de situaciones, lo que las unifica es que todas requieren ser resueltas. Por eso resulta prácticamente imposible hablar de problema sin hacer referencia a su resolución. En este sentido, Leal (2006) afirma que ambos aspectos son inseparables, es decir, a las personas les resulta inevitable precisar cómo viven una situación problemática sin mencionar sus experiencias al tratar de resolverla.

De manera general, la resolución de problemas es un proceso cognitivo enfocado hacia un objetivo, es decir, se refiere a la actividad mental y a los esfuerzos intelectuales de la gente por alcanzar metas para las que no tienen un camino predeterminado a seguir, o una respuesta o conclusión inmediata (PAPALIA; WENDKOS, 1987; SCHUNK, 1997). En el caso de la matemática, su misma naturaleza impone a la resolución de problemas como uno de sus principales métodos para generar y validar conocimiento matemático. Y si se trata de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, la resolución de problemas es utilizada por los docentes de esta disciplina con una triple función: para facilitar la comprensión de los conceptos y los procedimientos matemáticos; para ilustrar las diversas aplicaciones de dichos conceptos y procesos; para desarrollar y consolidar destrezas relacionadas con el cálculo mental, la aplicación de algoritmos, la formulación y la comprobación de hipótesis, el razonamiento espacial y el razonamiento lógico en general.

Todo lo anterior hace que la resolución de problemas sea una de las principales temáticas en el campo de la enseñanza de las ciencias y en particular en el área de la educación matemática. En el área investigativa, se ha consolidado una línea de investigación sobre resolución de problemas que ha resultado muy fructífera por la cantidad de trabajos relevantes que se han generado. Sin embargo, muchos de estos estudios han privilegiado el aspecto procedimental de la resolución de problemas, es decir, la ejecución de pasos, el desarrollo de estrategias (sus dificultades o maneras de expresarlas) y la aplicación de reglas que permiten resolver un problema, dejando así de lado las amplias posibilidades que brinda la heurística como ciencia y arte de la invención y el descubrimiento. Es por ello que en el presente artículo se amplía la perspectiva de la resolución de problemas a través de la heurística de problemas.

En este sentido se presenta la discusión de los aspectos teóricos que sustentan la arquitectura del constructo *heurística de problemas*, seguida de la descripción de una experiencia de investigación cualitativa (de enfoque biográfico) que generó una caracterización y un análisis del referido constructo, algunas propuestas educativas para la formación de profesores de matemática en la heurística de problemas y una discusión final que, no sólo recoge aspectos relevantes del tema, sino también plantea las posibilidades de seguir profundizando en el tema a través de la investigación.

LA HEURÍSTICA: DISCUSIÓN TEÓRICA

El término *heurística* proviene del griego εὐρίσκειν (*heuriskein*) que significa descubrir, inventar o encontrar; de allí su asociación con el estudio de las reglas y los métodos del

descubrimiento y la invención. Sin embargo, gramaticalmente la palabra puede usarse como sustantivo o como adjetivo. Cuando se utiliza como sustantivo, la heurística se identifica con el arte o la ciencia del descubrimiento (heurética o *ars inveniendi*). Cuando aparece como adjetivo, la heurística se refiere a cosas más concretas y específicas como estrategias heurísticas, recursos heurísticos, silogismo heurístico, conocimiento heurístico, programación heurística, metaheurística, entre otros. Sin embargo, al considerar la heurística como ciencia o arte, ella propone estrategias que guían el descubrimiento y la invención.

En su versión más moderna, la heurística trata de comprender, tanto el comportamiento humano frente a los problemas, como los métodos que conducen a la solución de los mismos, en particular las operaciones mentales típicamente útiles en este proceso de resolución. La heurística tiende a la generalidad, independientemente de la cuestión tratada y se aplica a problemas de todo tipo (POLYA, 1978).

La heurística tiene varias fuentes de información las cuales determinan su evolución. Las más antiguas se remontan a la antigua Grecia en la cual la principal actividad de los matemáticos era plantear y resolver problemas, y en esto último, estudiar la naturaleza de los métodos empleados. Polya (1978) en su libro *Cómo Plantear y Resolver Problemas* presenta un diccionario de heurística, en el cual muestra los aportes de diferentes autores, entre ellos: Aristóteles (384-322 a.C.), Pappus de Alejandría (300 a.C.), René Descartes (1596-1650), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), Bernardo Bolzano (1781-1848).

Por su parte, George Polya (1887-1985) publicó una serie de libros en los cuales desarrolló toda una teoría heurística para la resolución de problemas matemáticos. El primero de estos libros se titula *Cómo solucionarlo* y presenta su teoría mediante unas preguntas e instrucciones aplicadas a múltiples ejemplos. A continuación escribe *Matemáticas y Razonamiento Plausible* (presentado en dos volúmenes: *Inducción y Analogía en Matemáticas*, y *Patrones de Inferencia Plausible*) en el cual describe las posibilidades de creación en las diversas ramas de la matemática y presenta trabajos concretos de algunos matemáticos. Después presenta la publicación *Descubrimiento Matemático*, que es la versión más madura de su teoría de resolución de problemas. Estas publicaciones culminan en 1945 con el libro titulado *Cómo Plantear y Resolver Problemas* en el cual sentó las bases de la llamada *Heurística Moderna*, dentro de la cual propuso un modelo de resolución de problemas fundamentado en cuatro fases: 1) comprender el problema; 2) concebir un plan; 3) ejecutar el plan; 4) examinar la solución obtenida (o tener una visión retrospectiva).

En cada una de sus publicaciones (en la primera mitad del siglo XX), Polya también describe detalladamente algunos métodos heurísticos como: enunciar el problema en forma diferente, distinguir las distintas partes de la condición del problema, descomponer y recomponer el problema, relacionarlo con otras situaciones ya resueltas o establecer analogías, relacionar los datos con las condiciones y estos a su vez con la incógnita, usar todos los datos, dibujar una figura, utilizar una notación conveniente y práctica, hacer deducciones, formular y examinar hipótesis, comprobar el resultado, entre otros. Esta lista confirma que para Polya el método heurístico es el conjunto de procedimientos, técnicas y actividades orientadas a facilitar el descubrimiento de la verdad, conduciendo a la solución de un problema a partir de un proceso lógico.

Estos aspectos que enriquecen a la heurística (como arte o ciencia), tienen su arraigo en lo filosófico, lógico y matemático. Otras fuentes de información que la enriquecen son: los estudios sobre el razonamiento (como proceso psicológico); la experiencia y reflexión de la gente cuando resuelve problemas, lo cual representa una especie de discurso mental o conversación del individuo consigo mismo (proceso metacognitivo); la observación de otras personas mientras resuelven problemas (monitoreo, experiencias de expertos y novatos). Estas dos últimas fuentes aportan un conjunto de reglas empíricas que, junto con la información adicional suministrada por las teorías lógico-filosófica y psicológica, contribuyen a determinar las características generales del problema y su resolución.

Esta generalización aporta flexibilidad al proceso de resolución de problemas con lo cual no se asegura la consecución de la meta final, pero si aumenta las posibilidades de éxito para obtener la solución. Justamente a esto se refiere Poggioli (2007) al utilizar la expresión *estrategia heurística*, la cual se refiere a los métodos generales de resolución y reglas de decisión utilizadas por los solucionadores de problemas, basadas en la experiencia previa con problemas similares, que indican las vías o los posibles enfoques a seguir para alcanzar una solución. Las acciones requeridas para aplicar tales estrategias comportan un cierto grado de variabilidad y su ejecución no garantiza necesariamente la consecución de un resultado óptimo, simplemente ofrecen la posibilidad de lograr un acercamiento a una solución.

Sigarreta, Locia y Bermudo (2011) puntualizan a qué se refieren los procedimientos, las reglas y los recursos heurísticos al resolver problemas matemáticos; integran a estos tres aspectos en una categoría, la de los principios heurísticos. Los procedimientos heurísticos son formas de trabajo y de pensamiento que apoyan la realización consciente de actividades mentales exigentes como: la analogía o el establecimiento de semejanzas, la reducción (que puede darse a través de la modelación, o el estudio de casos, o la transformación en una situación o resolución conocida), la inducción y la generalización.

Las reglas heurísticas ayudan a encontrar los medios para resolver los problemas y actúan como impulsos dentro del proceso de búsqueda de nuevos conocimientos y resolución; algunas reglas consisten en separar los datos de la incógnita, recordar los conocimientos relacionados con estos dos elementos, buscar relaciones entre las partes del problema, reformular el problema, entre otras.

Los recursos heurísticos representan la concreción del pensamiento mediante una representación mental; entre ellos destacan: diagramas, figuras de análisis, cambio de dominio del problema, construcciones auxiliares, reducción a problemas conocidos, trabajo hacia atrás o en ambas direcciones y descomposición del problema en otros más sencillos.

Polya (1978) también utiliza la expresión *silogismo heurístico* como denominación del razonamiento caracterizado por la relación de implicación entre las premisas y la conclusión. Está asociado al modelo clásico de razonamiento demostrativo (el *modus tollens*).

Real de León, Vargas y Flores (2014) aportan desde el área de las Artes del Diseño la expresión *conocimiento heurístico* para denotar al conocimiento *sui géneris* empleado por los seres humanos para resolver problemas urgentes, de alta complejidad y que demanda: comprender, esclarecer, descubrir, generar, transformar, innovar, desarrollar, evolucionar, solucionar, predecir. Estos autores también definen la *facultad heurística* como el rasgo

característico de las personas visionarias, capaces de crear, hacer descubrimientos y resolver problemas a través del pensamiento lateral o divergente, la intuición, la inspiración.

Otra visión sobre la heurística la aporta el mundo de la informática (asociado al rendimiento y programación computacional, inteligencia artificial, principalmente), en donde surge la expresión *programación heurística*, para representar al tipo de sistematización que aplica para la resolución de problemas que requieren la búsqueda exhaustiva de todas las posibles combinaciones (camino, casos posibles) de algún conjunto finito, que si no está controlado puede producir una “explosión combinatoria” (incremento exponencial del espacio de búsqueda con la dimensión del problema) imposible de tratar (Brito, Ramírez, Izquierdo y Zapata, 2014). Este proceso implica hacer un modelo del problema que represente su estructura, estrategias de búsqueda y métodos de resolución. Dentro de esta programación también se redefine el *método heurístico* como un procedimiento de búsqueda de solución, que se construye para un problema en particular, lo que significa que su aplicación a otros problemas similares es casi imposible.

Entre estos métodos heurísticos están: los de descomposición, los inductivos, los de reducción, los constructivos y los de búsqueda local. Estos dos últimos dan origen a otro término, *metaheurística*, el cual se refiere al conjunto de estrategias para diseñar, mejorar u optimizar procedimientos, son construidas por el usuario (programador) y buscan obtener un alto rendimiento de soluciones en dominios donde la ejecución de procesos se vuelve compleja; entre estas estrategias se encuentran: la incorporación de elementos a una estructura, la construcción de un conjunto de soluciones simultáneas, la presunción de existencia de una solución para realizar procedimientos de búsqueda (Brito, Ramírez, Izquierdo y Zapata, 2014).

Heurística de Problemas

Tanto en el mundo de la experiencia cotidiana como en el mundo de la reflexión teórica, es difícil hablar de problema sin hacer mención de su proceso de resolución. Ya lo reporta Leal (2006) en su investigación al afirmar que a las personas no les resulta posible hablar de problema (definirlo o caracterizarlo) sin hacer referencia a su resolución (procesos, estrategias o acciones que se activan para resolverlo). Para abordar el estudio de los problemas y su resolución coexisten aquí dos tendencias, a saber: resolviendo problemas (*problem solving*) y encontrando problemas (*problem finding*, expresión introducida por Macworth en 1965). Al hablar de resolver problemas, se hace referencia al proceso constituido por los pasos, las etapas o las fases que se desarrollan, a los métodos que se siguen, a las técnicas que se aplican, al estudio de los modelos que resultan orientadores para entender este proceso. Llegar a la solución de un problema significa cerrar un proceso que se inicia con los datos del problema, termina con el alcance de la meta y el tránsito entre un estado y otro se caracteriza por una serie de pasos ordenados que en algunos casos tienden a mecanizar este proceso de resolución. Ante esta visión mecanicista, resulta más enriquecedora la posibilidad de buscar o encontrar el problema.

La expresión *problem finding* ha sido traducida de múltiples maneras y pareciera que, tanto en el discurso como en la práctica, estas traducciones son tratadas indistintamente. Entre esas múltiples interpretaciones se encuentran: identificación de problemas; hallazgo de problemas; descubrimiento de problemas; encontrar problemas; construcción de problemas;

sensibilidad a los problemas. A continuación se presenta una revisión de los significados y sentidos de dichas expresiones para relacionarlas, diferenciarlas y determinar si es posible utilizar una expresión que las englobe a todas ellas.

La expresión *identificación de problemas* se refiere al reconocimiento de aquellos rasgos que definen a una situación o cosa como un problema, esto es, el reconocimiento de la dificultad, el obstáculo, el conflicto, el desequilibrio, lo desconocido, lo novedoso, lo asombroso, lo confuso, lo ambiguo, lo indeterminado. En esto consiste, según Leal (2006), la conciencia de problema: se es consciente de lo qué es un problema si y sólo si se puede identificar la situación que resulta problemática y en consecuencia pueden nombrarse sus características.

Alfonso y García (2003) definen la identificación de problemas como la capacidad de captar aspectos relevantes que otorgan a cada situación su carácter idiosincrásico (matices, detalles, contradicciones, aspectos poco obvios, relaciones remotas). Como las capacidades pueden desarrollarse mediante la práctica, también esta identificación puede definirse como una habilidad para: plantearse la pregunta adecuada, darse cuenta de lo inusual, realizar cambios necesarios, detectar algo hasta entonces desapercibido, encontrar desafíos u oportunidades de desarrollo personal. En definitiva, tiene que ver con la capacidad para dejarse impresionar por la realidad. Estos autores utilizan indistintamente las expresiones *identificación y hallazgo de problemas*, y *sensibilidad a los problemas*.

Como identificar es sinónimo de reconocer, la identificación de problemas está vinculada con los procesos de percepción y atención, lo cual indica que no sólo es importante la captación de la realidad mediante los sentidos y su consecuente representación en forma de imagen e idea, sino también la disposición para captar y entender al mundo circundante. Justamente esta disposición es lo que permite detectar aspectos irregulares o desapercibidos, formular preguntas ante lo desconocido, ver oportunidades o retos donde otras personas no los ven, etc. Adicionalmente, subyace en lo anterior los términos *pensar y pensamiento*.

Todo aquello que es producto de la mente, esto es, cualquier fenómeno derivado del pensar (esto es conocer, comprender, juzgar y razonar, tanto los objetos y como los hechos), es considerado pensamiento y el mismo se manifiesta a través de productos abstractos (ideas, conceptos), actividades orientadas a lograr un objetivo, obras artísticas, acciones creativas o creación de objetos novedosos (BOURNE et al., 1980).

El pensamiento, no sólo se basa en procesos cognitivos (como percepción, memorización, procesamiento de información, aprendizaje, entre otros), sino también produce y orienta un comportamiento que mueve a la persona desde un estado dado a un estado deseado; este espacio entre lo que se tiene y lo que se quiere, entre el ser y el deber ser, están asociados a los estados inicial y final de un problema y su proceso de resolución.

En el habla coloquial existe la tendencia a usar indistintamente los términos *pensamiento y razonamiento*; si bien están relacionados, no son equivalentes. El razonamiento es un componente del pensamiento y se refiere al proceso por medio del cual se elaboran o se extraen conclusiones a partir de enunciados o premisas dadas (HARDY; JACKSON, 2001); para llegar a esas conclusiones se conectan unas ideas con otras de acuerdo a ciertas reglas. Si se relacionan premisas específicas para generar conclusiones de carácter general se trata de un

razonamiento inductivo; en cambio, si el proceso se inicia a partir de principios generales para obtener conclusiones específicas, el razonamiento es deductivo.

La complejidad de la identificación de problemas, asociada al pensamiento, es abordada por Arendt (2002) al intentar responder la pregunta “¿qué nos hace pensar?” (p. 151). En este sentido, lo que pone en marcha al pensamiento es lo que es motivo de asombro, admiración y contemplación. En este caso el término *asombro* describe: la sensación de sorpresa, admiración, deslumbramiento, éxtasis, desconcierto, aturdimiento o susto que se produce ante algo imprevisto, raro (poco común) o incomprensible; el sentirse impresionado o estremecido por un objeto o una situación en cuestión; la conmoción interna que se produce al sentirse maravillado por lo inesperado; el sentimiento de estupefacción o de curiosidad insaciable (GARCÍA-MORENTE, 1983; LAROUSSE, 2000; LEAL, 2006).

En cuanto al término *hallazgo*, funciona como sinónimo de encuentro, descubrimiento o invento; se asocia a la acción de encontrar, conseguir o hallar algo, especialmente si ese algo es importante. Desde el punto de vista de la psicología cognitiva, Sternberg (1997) considera el hallazgo de problemas como una habilidad analítica fundamental (habilidad cognitiva) que implica descomponer la realidad en tantas partes como sean necesarias para estudiarla, examinarla y conocerla. Sólo el conocimiento de esta realidad es lo que permite inventar, crear o hacer descubrimientos, y en este caso particular, inventar o crear o descubrir un problema.

Esta habilidad posee un componente actitudinal, puesto que la tendencia o predisposición a actuar de un cierto modo o de responder de determinada manera ante ciertas situaciones (esto es lo que define y caracteriza a una actitud), más concretamente, la tendencia a descomponer la realidad en partes para conocerla, implica que existe un sentimiento o una motivación que impulsa y orienta la acción hacia un objetivo determinado.

Adicionalmente, la habilidad de descomponer la realidad en partes para ser estudiada, es considerada por algunos expertos (POLYA, 1978; POGGIOLI, 2007; SIGARRETA et al., 2011) como un método o procedimiento heurístico ya que permite buscar y hallar la solución de un problema mediante la aplicación de reglas o recursos empíricos no muy rigurosos, pero que indican las posibles vías a seguir para alcanzar la meta, facilitan la toma de decisiones y guían el razonamiento. En particular, el método heurístico de descomponer en partes el problema planteado remite a la aplicación de otros recursos heurísticos como: la reducción del problema a problemas más sencillos y conocidos, el cambio del dominio del problema para analizarlo en un contexto más cercano o familiar, la resolución de problemas auxiliares, la elaboración de representaciones (esquemas, diagramas, gráficas, dibujos) que simplifican la situación originalmente planteada. Estos recursos buscan separar las partes del problema para verlas mejor, estudiarlas, comprenderlas y en consecuencia, poder hallar la solución.

Aunque los términos *descubrimiento* y *hallazgo* funcionan como sinónimos, el uso de la palabra *descubrimiento* está más asociado a la observación novedosa u original de algún aspecto de la realidad (una especie de mirar diferente las cosas o los fenómenos), o al encuentro de algo que no se veía o no se sabía (ver lo que estaba oculto o lo que era desconocido o ignorado).

El ser humano no solo tiene la condición innata de “ser descubridor”, sino también tiene la permanente posibilidad de asombrarse o admirarse por lo que le rodea, o de inquietarse por lo que percibe. Esta inquietud lo lleva a hacerse preguntas que muestran su intención por

conocer ese “algo” que es motivo de asombro. Según Aristóteles (2004) la primera pregunta que surge es “¿por qué?” y la misma interroga por las causas de los fenómenos que se observan, o por la razón por la cual ocurre algo. Adicionalmente la pregunta revela que hay una actividad mental en curso más allá de la percepción, un procesamiento de información, un proceso de abstracción que se traduce en palabras y que se concreta en una o varias preguntas. De manera que, ante una situación problemática, la formulación de la pregunta también es evidencia de que existe la conciencia de problema.

Entonces la expresión *descubrimiento de problemas* significa develar lo que ha permanecido oculto, es decir, apreciar el problema –esto es, la dificultad, el obstáculo, el conflicto, el desequilibrio, lo desconocido, lo novedoso, lo asombroso, lo confuso, lo ambiguo, lo indeterminado– donde otros no lo ven o no lo sienten como problema. En esto radica, tanto lo novedoso y original del descubrimiento, como el hecho de que una situación puede ser percibida y vivida de diferente manera (como problema o no) por diversas personas. Esto confirma que la construcción del concepto de problema es de carácter personal.

Para descubrir un problema, no sólo es necesaria la percepción y la atención (procesos presentes en la identificación del problema), sino también la curiosidad y el interés personal para investigar en terrenos donde otros no han investigado o, si lo han hecho, han sólo verificado aspectos de la realidad. Adicionalmente está la capacidad para tomar decisiones y asumir riesgos ante lo impredecible que puede resultar la investigación y la perseverancia para seguir el plan inicialmente trazado. Como puede apreciarse, el descubrimiento de problemas implica mucho más que procesos cognitivos pues involucra actitudes, hábitos y valores.

En el campo de la ciencia y la tecnología existe una polémica en relación con la forma de generar conocimiento: de manera premeditada y controlada, o integrando conocimientos, o de forma azarosa e inesperada. Esta tercera visión está asociada a los descubrimientos, por accidente o casualidad, de cosas que no se están buscando; a este proceso se le conoce con el nombre de *serendipia*. Diversos autores (Roberts, 2004; López-Muñoz, Baumeister, Hawkins y Alamo, 2012; Cortés-Fonnegra, 2013) coinciden en definirla como el descubrimiento accidental o inesperado o fortuito, de cosas no buscadas, o el descubrimiento científico casual al que se llega mientras se está trabajando para descubrir otra cosa. En algunos casos se añaden a esta definición la calificación de accidente o hallazgo feliz para representar a ese “darse cuenta de golpe” o chispazo, o esa interrelación de buenas ideas asociadas a la cosa develada (Gordon, 2013; López, 2009).

La controversia la generan algunos científicos al considerar inaceptable la idea de que los descubrimientos se producen por accidente. En este sentido Rodríguez-Salazar et al (2011) explican que el origen del término *serendipity* se encuentra en el cuento persa *Los Tres Príncipes de Serendip* (de Horace Wallpole, año 1754) y que por esta razón resulta inadmisibles la visión azarosa del quehacer científico; además afirman que un científico (descubridor) tiene que estar “lo suficientemente preparado para darse cuenta de que ha hecho un descubrimiento y también para dar cuenta de él” (p. 130).

A pesar de la controversia, queda claro que el conocimiento (y con ellos, el desarrollo de la ciencia y a tecnología) se produce a través del descubrimiento. Ante una situación problemática, a alguien se le ocurre (motivado o guiado por un asombro inicial) observar de manera diferente o bajo otra óptica o desde otro ángulo, dicha situación. Ese alguien, a través

de sus acciones investigación (concretas y/o abstractas), puede develar aspectos desconocidos o que han permanecido ocultos de ese problema. También es posible que ese alguien construya nuevas ideas o hipótesis que contribuyan a comprender, mostrar y resolver el problema. Todos estos aspectos forman parte del acto de descubrir, independientemente de que su producto sea algo esperado o imprevisto. Eso forma parte de la riqueza del descubrimiento.

La expresión que da origen a esta discusión, *problem finding* (*encontrando problemas*), fue introducida por Macworth (1965) y posteriormente utilizada por muchos autores y estudiosos del tema. Encontrar un problema es un momento posterior a la búsqueda del mismo. Las exigencias que la vida plantea demandan una búsqueda constante de nuevos problemas; esto es lo que permite responder de manera anticipada y organizada ante la posibilidad de ocurrencia de un suceso devastador (por ejemplo, estar preparados para enfrentar un terremoto o un tsunami), o permite acelerar el acercamiento a una situación futura que pudiese convertirse en problema (por ejemplo, para evitar posibles problemas laborales asociados a seguridad o sanidad).

La ciencia y la tecnología se alimentan de la producción de conocimiento y la búsqueda de problemas y soluciones. Los grandes buscadores de problemas desarrollan la capacidad para observar y estudiar fenómenos que otros han observado a veces durante siglos; sin embargo, ellos logran percibir las diferencias de comprensión del problema o de sus soluciones, y ofrecer nuevas perspectivas que conducen a redefinir el problema y a una solución creativa (Austin, 2009).

Encontrar un problema involucra los comportamientos, las actitudes y los pensamientos dirigidos hacia el planteamiento, la formulación y la creación del problema. De manera que el término *encontrar* abarca otros como: expresión, construcción, presentación, formulación, identificación, descubrimiento y definición (LEE; CHO, 2007).

Guilford (1950), con sus aportes en Psicología y creatividad, reconoció la importancia de encontrar problemas y evaluaba esta capacidad a través de ejercicios en los que los sujetos tenían que encontrar deficiencias o aspectos mejorables en objetos o situaciones. Transfiriendo esto al ámbito educativo, se puede orientar el diseño y la puesta en práctica de estrategias que permitan desarrollar en los estudiantes la habilidad para encontrar problemas.

Pasando al término *construcción*, su uso más habitual se refiere al arte o técnica de crear, armar o fabricar infraestructuras (casas, edificios, rascacielos, puentes, caminos, barcos, etc.); en un sentido más amplio se refiere a todo aquello que exige, antes de hacerse, tener o disponer de un proyecto o plan predeterminado, o que se hace uniendo diversos componentes según un orden determinado. Este último sentido permite que el término *construcción* sea utilizado en diferentes disciplinas, tanto científicas como humanísticas.

Entonces ¿cómo se construye un problema?, ¿es que acaso los problemas no existen en sí mismos sino que se construyen? Macworth (1965) aporta algunas ideas en este sentido; él afirma que los problemas no son inherentes a las situaciones sino contruidos por un sujeto en unas coordenadas espacio-temporales específicas. Este argumento es ampliado por Leal (2006) al afirmar que el concepto de problema es el resultado del proceso de abstracción mediante el cual una persona logra una representación mental del problema de un modo general y conceptual, esto es, que sólo conserva características generales, esenciales y definitorias. La existencia del problema, según Montes (2000) se limita al ámbito interno del ser humano puesto

que su concepto es una representación mental, es un producto racional. Es por ello que una persona percibe y define algo como problema, y esa misma situación puede resultar irrelevante y no problemática para otra persona.

Como los conceptos son necesarios para pensar las cosas porque hacen posible el reconocimiento y la comprensión de lo percibido por los sentidos, así el concepto de problema es lo que hace que una persona se percate de que un objeto o una situación “es” un problema. Este “percatarse de” es lo esencial de la conciencia de problema (LEAL, 2006).

La construcción de un problema se inicia con el asombro e implica identificar el problema; en este proceso tienen especial importancia ciertas claves contextuales y personales que llaman la atención y guían la percepción de quien está interesado tanto, en estudiar y conocer su entorno, como resolver aquellas situaciones que le son adversas o que, por lo menos, son susceptibles de cambios y mejoras. De acuerdo a esto, el proceso de identificación forma parte del proceso de construcción de problemas.

Por otra parte, cualquier proceso creativo comienza con la percepción de una situación problemática; así lo corroboran diversos estudiosos sobre el tema (FELDMAN, 1999; DAVIS; SCOUT, 1975; RECIO, 2004; RODRÍGUEZ, 1998) quienes definen la creatividad como: la combinación de ideas en forma novedosa; la facultad para resolver problemas; las nuevas maneras de pensar sobre problemas nuevos; la capacidad para producir cosas nuevas y valiosas; la capacidad para encontrar nuevas respuestas a partir de replantear de manera original problemas o situaciones ya existentes; la capacidad de pensar flexiblemente que se manifiesta a través de diversas alternativas de solución (no convencionales) a las necesidades o a los problemas que se presentan.

Particularmente Guilford (1950), en sus estudios realizados entre 1950 y 1957, describió los rasgos de la personalidad creativa, los cuales pueden ser innatos y relativamente permanentes, pero también reciben la influencia del entorno o de las interacciones sociales, y en función de esto pueden manifestarse a través de una disposición de la persona para aprender cosas nuevas o reaprender. Según Guilford las personas creativas poseen las siguientes habilidades: fluidez, flexibilidad, elaboración, originalidad, redefinición y sensibilidad a los problemas.

Interesa entonces profundizar en la expresión *sensibilidad a los problemas*. Ella describe la capacidad que poseen las personas creativas para percibir los problemas, reconocer las dificultades de una situación y sus consecuencias, descubrir diferencias o fallos o imperfecciones, generando en consecuencia preguntas que ayudan a pensar el problema e ideas orientadoras de lo que debe hacerse para estudiarlo, comprenderlo, transformarlo y resolverlo. Para que estas acciones sean posibles, se requieren unas condiciones previas: haber alcanzado un desarrollo intelectual, operacional, emocional y moral estable (la persona tiene un equilibrio según los estadios o períodos del desarrollo piagetianos); saber captar el mundo exterior (a través de los sentidos), interpretarlo, transformarlo y reorganizarlo –en palabras de Marina (1993) esto es tener una “mirada inteligente” capaz de reconocer, completar lo visto con lo sabido, dar estabilidad a lo que no lo tiene, anticiparse, prevenir, interpretar los datos dándoles significado–; poseer una estructura de conocimiento constituida por conceptos y procedimientos ya comprendidos, ejercitados e integrados; tener un dominio de habilidades y

destrezas desarrolladas mediante la práctica; haber tenido la experiencia de resolver problemas. Es por esto que siempre se relaciona la creatividad con la resolución de problemas.

A nivel práctico Guilford (1950) proponía evaluar esta sensibilidad ante los problemas con ejercicios en los cuales los sujetos tuviesen que imaginar la mayor cantidad de consecuencias ante situaciones hipotéticas y para ello preguntarse ¿qué sucedería si no existiera esta situación? o ¿qué pasaría si este acontecimiento se presentará en otro momento y con otras variantes? Esto invita a pensar en las diferentes variables que intervienen en una situación problemática como pueden ser: el momento de ocurrencia, las personas involucradas, el contexto socio-cultural, el ambiente, los recursos disponibles, entre otros.

En suma, la heurística se define a partir y a través de los diversos procesos antes descritos y asociados a la resolución de problemas. Por eso tiene sentido englobarlo todo en la expresión *heurística de problemas*.

UNA APROXIMACIÓN A LA HEURÍSTICA DE PROBLEMAS DESDE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA

Para estudiar los rasgos asociados a la heurística de problemas en el ámbito educativo, se desarrolló una investigación, enmarcada dentro del paradigma cualitativo, enfocada en indagar a profundidad sobre las vivencias relacionadas con la resolución y la heurística de problemas que han experimentado un grupo de profesores de matemática, que se desempeña en el nivel de educación media general (LEAL, 2016). El estudio, de enfoque biográfico, se centró en obtener los relatos de dichos docentes, para desde allí identificar y describir los diferentes procesos característicos de la heurística de problemas.

La técnica utilizada para obtener el relato biográfico fue la entrevista a profundidad, de manera que la conversación entre la investigadora (autora de este artículo) y cada docente entrevistado fue flexible, dinámica y permitió conocer diversos aspectos relacionados con las prácticas asociadas a la resolución y a la heurística de problemas: conocimientos, experiencias de aprendizaje y profesionales, motivaciones, intenciones, creencias, opiniones, reflexiones, reacciones. Las entrevistas se grabaron (sonido) y se tomaron apuntes (reportes escritos) paralelamente al desarrollo de las entrevistas para registrar movimientos, postura corporal, gestos y miradas; todo esto permitió no omitir información en la transcripción de cada entrevista y facilitó la comprensión y el análisis de la información.

La unidad de análisis de la investigación estuvo integrada por doce (12) profesores de matemática de educación media general (EMG), seleccionados intencionalmente de acuerdo a: 1) su ejercicio profesional (mayor o igual de 5 años de servicio en el sector educativo); 2) sus estudios en el área de matemática (carreras afines) y asociados a la docencia; 3) su buena disposición y habilidad para hablar (soltura, expresividad, elocuencia) y comunicar acontecimientos de su vida o su manera de ver y sentir lo vivido. En general, se seleccionó un grupo heterogéneo de docentes en cuanto a edad, sexo y profesionalización docente (ver Tabla 1), que fuese representativo del profesorado que se desempeña en EMG en Venezuela.

Tabla 1: Perfil de los docentes participantes en la investigación

Docente	Sexo	Años de servicio	Trabaja en el sector:	Grados Obtenidos	Experiencia Laboral Educativa y Formación (adicional)
1	F	13	Público y privado	Profesor de matemática. Especialización en didáctica de la matemática	Educación Superior. Formación en Informática Educativa
2	M	7	Público	Técnico superior en informática. Estudia la carrera docente.	
3	M	37 Jubilado	Privado	Licenciado en educación mención recursos audiovisuales	Cargos administrativos. Coordinador Regional de Olimpiada de Matemática
4	F	10	Público	Licenciada en educación mención matemática. Maestría en educación, mención enseñanza de la matemática	
5	M	18	Público	Técnico superior en administración y mercadeo. Licenciado en educación integral, área de concentración matemática	
6	F	6	Privado	Ingeniero de minas. Profesor de educación integral	
7	M	22	Público y privado	Administrador. Profesor de matemática. Cursa Maestría en enseñanza de la matemática	Educación Primaria. Educación Superior.
8	M	20	Público	Profesor de matemática	Educación Superior
9	M	18	Público	Profesor de educación integral. Cursa Maestría en educación, mención enseñanza de la matemática.	Formación en Ingeniería.
10	F	11	Público	Ingeniero electrónico. Profesor de informática. Cursa Maestría en gerencia educativa	
11	M	9	Público	Estudia carrera docente.	Formación en Ingeniería.
12	M	18	Público	Profesor de matemática. Maestría en educación, mención enseñanza de la matemática. Cursa Doctorado en Educación.	Educación Superior.

Fuente: Investigadora (el número asignado a cada docente corresponde al orden en que fue entrevistado; F es femenino; M es masculino)

La recolección y el análisis de información fueron procesos simultáneos; una vez realizada y grabada cada entrevista, la misma se transcribió inmediatamente y complementó con el correspondiente reporte escrito para iniciar el análisis. La reflexión que surgió a partir de los elementos encontrados en cada entrevista permitió: 1) construir progresivamente la representación de lo estudiado (BERTEAUX, 1999); 2) plantear nuevas interrogantes o replantear las preguntas en las futuras entrevistas; 3) identificar los puntos de saturación y los aspectos de la investigación donde no hay saturación.

A través de los relatos biográficos de los profesores entrevistados, se pudo precisar cómo ellos han experimentado algunos rasgos asociados a los diferentes procesos característicos de la heurística de problemas: identificación, hallazgo, descubrimiento,

encuentro, construcción y sensibilidad a los problemas. Es necesario aclarar que los participantes no mencionaron de manera explícita la palabra *heurística*, o alguna de las expresiones asociadas a ella (estrategias, procedimientos, reglas, heurísticos, silogismo, conocimiento, heurística, programación, metaheurística), o alguno de los procesos asociados a la heurística de problemas.

El primer proceso claramente reconocible en los relatos es la identificación de problemas y está relacionado con la manera como los docentes se percatan de los rasgos que definen o caracterizan a un problema; esta identificación es uno de los rasgos de la conciencia de problema. No todos los entrevistados logran identificar un problema con claridad, precisión y seguridad. Quizás, esto justifique algunos de sus errores conceptuales (que usen indistintamente los términos *problema* y *ejercicio*) y procedimentales (que creen estar resolviendo problemas matemáticos cuando aplican algoritmos, o desarrollan mecánicamente algunos procedimientos, o trabajan “problemas tipo” –asociados a la aplicación de un contenido matemático particular, orientados por algunas palabras claves–).

El segundo proceso que logró identificarse en las entrevistas de los profesores es encontrar problemas, el cual se revela a través de diversas expresiones como: “*tengo que buscar varios caminos*” o “*hay que buscar qué camino seguir*” para encontrar la solución de un problema. También al definir un problema afirman que es “*una situación a la cual se le debe buscar y encontrar una solución o respuesta*” e incluso se condiciona la existencia de un problema a su solución porque “*una vez que tú le encuentras la solución, ya deja de ser problema*”. Otros afirman que la dificultad de un problema radica en “*saber cómo encontrar la respuesta*”.

Lo anterior revela que el proceso de encontrar problemas está asociado a la búsqueda de la solución a un problema, o la búsqueda de las vías o los caminos (métodos, estrategias, técnicas, planes, herramientas) para resolver un problema. Todo esto ratifica que encontrar un problema es un momento posterior a la búsqueda del mismo y además, encontrar la solución a un problema es producto de un proceso previo de búsqueda y evaluación de alternativas de resolución. Destaca en las expresiones de los entrevistados la palabra *camino*, lo cual permite afirmar que buscar y encontrar problemas implica explorar y transitar posibles vías de reconocimiento y de resolución del problema; estas vías están representadas por los diferentes pasos que las personas siguen (apegados o no a un modelo de resolución de problemas), o por los métodos, las estrategias o las técnicas que aplican para comprender y resolver problemas.

El tercer proceso reconocible en los relatos de los profesores es el hallazgo de problemas y funciona como sinónimo del proceso anterior (encontrar); más concretamente, aparece asociado a la resolución de problemas o al “*proceso para poder hallar esa solución*” (en palabras del docente N° 11). Pero más allá de esto, Sternberg (1997) llama la atención sobre este proceso de hallar problemas porque lo considera una habilidad cognitiva asociada al análisis minucioso de la situación problemática (esto es, estudio, examen, exploración, comprensión y reconocimiento del problema) y de las posibles vías a seguir para resolverla, lo cual implica tener una actitud o una motivación o una disposición para realizar tal análisis.

De manera que la acción de hallar problemas se impulsa y orienta por el razonamiento y por lo emocional. Así lo corroboró uno de los entrevistados al afirmar que “*la parte emocional en el individuo que resuelve problemas es fundamental. No es igual que tú estés en un ambiente*

relajado resolviendo un problema, a que estés en un ambiente rígido, con presión”. Y esto se conecta con las actividades realizadas por la profesora N° 4 o las sugeridas por el docente N° 12 en las cuales se contextualizan los problemas, se plantean problemas prácticos y se estudia la matemática desde la realidad y lo cotidiano, todo esto con la finalidad de generar un ambiente de clase donde fluyen la producción de ideas y la comunicación, donde los estudiantes se sienten libres de opinar, preguntar, equivocarse y de utilizar múltiples recursos para aprender matemática y para resolver problemas.

El cuarto proceso que fue identificado en la investigación, es el de sensibilidad a los problemas, el cual se manifiesta a través de la capacidad de los profesores entrevistados para producir situaciones novedosas (nuevas formas de presentar problemas) y replantear de manera original situaciones ya existentes (plantear actividades cotidianas como problemas y presentar muchas preguntas); también se manifiesta a través de su disposición de ánimo o actitud para disfrutar de la resolución de problemas y para transmitir ese disfrute a sus estudiantes. Los participantes suministraron información específica al respecto.

El docente N° 12, con frecuencia, saca a sus alumnos del aula de clase, para realizar actividades (de búsqueda de información, medición, elaboración de croquis, entre otras) en algunas de las áreas del colegio. Lo referido por él permite apreciar como a través de la incorporación de elementos del entorno escolar, se puede generar un proceso de sensibilización por la matemática, ya que haciendo preguntas al estudiante y proponiéndoles actividades propias del quehacer matemático (como medir y comprobar), se puede generar disfrute por estudiar la matemática: *“...entonces los mando a medir y les digo ¿cuánto mide? Agarran el metro y lo miden. Yo quiero que usted me compruebe eso con lápiz y papel. Y lo hacen. Y es gratificante, ellos te dice que lo disfrutan: ‘oye profesor, salimos del aula, hacemos una cosa distinta’. O sea hay cosas que son totalmente distintas y el estudiante de verdad lo disfruta como lo disfruta uno”*.

Por su parte, el docente N° 7 destacó lo placentero que resulta la resolución de problemas matemáticos y que en el caso del profesor la satisfacción es doble, como reto personal y como responsable del aprendizaje de sus estudiantes: *“resolver problemas, para mí ¡es una exquisitez! porque te permite resolver dos problemas a la vez: el problema que estas resolviendo y el demostrarte a ti mismo que el alumno está entendiendo lo que está haciendo”*.

Adicionalmente la docente N° 4 explicó cómo la indagación del contexto de sus estudiantes (sus actividades diarias, el trabajo familiar) le permite generar preguntas y pequeños proyectos que propone a sus alumnos, lo cual activa en ellos acciones de búsqueda y registro de información, además de hacerlos pensar en función de las preguntas, realizar operaciones aritméticas y tomar decisiones: *“¿Cuánto cuesta un caballo? ¿Qué siembras tú? ¿Cómo venden esa zanahoria?... comencé a investigar con ellos [los estudiantes de la escuela rural] para poder crear mis problemas... Tanteo en su realidad y su contexto... Hay quienes no siembran, viven con su mamá; entonces les digo: anótame todos los pasajes que tú gastes, si vas de aquí a la casa, de tu casa a la escuela, si te desviaste, hazme esas anotaciones y me las traes para ver si puedes ahorrar, si te comiste algo, anótame todo eso para ver cuánto gastas tú, cuánto te tiene que dar tu mamá... A otros les mandé a hacer la lista del mercado que su mamá iba a hacer y cuánto iba a gastar, ahí comienzo”*.

Dos de los entrevistados plantean una problematización del contexto, de lo cotidiano y los contenidos del programa de matemática para generar, no sólo el interés de los estudiantes por aprender matemática, sino también el desarrollo de habilidades y destrezas matemáticas desde las más básicas y concretas (como observar, contar, medir, escribir), hasta las más complejas y abstractas (como deducir, demostrar, razonar, resolver problemas). Sin duda, esta aproximación del estudiante a la matemática es una de las vías para producir la sensibilidad a la matemática y a los problemas.

Los otros dos procesos asociados a la heurística de problemas (descubrimiento y construcción) fueron poco mencionados por los participantes de esta investigación. De hecho la expresión *descubrimiento de problemas* no aparece en las entrevistas y la palabra *construcción* aparece vinculada al conocimiento (“*todo el conocimiento se ha construido a partir de problemas*” en palabras del docente N° 8) y a la posibilidad de generar nuevos problemas a partir de un problema resuelto (“*en un problema, después que uno lo resuelve, se puede hacer unas preguntas que permitan, a lo mejor, construir otro problema*”, según el docente N° 7). Esto último permite relacionar el proceso de construcción con la posibilidad de descubrir problemas.

En efecto, si después de haber resuelto un problema surge la necesidad de evaluar la solución, o de cambiarle datos o condiciones para estudiar otras opciones de resolución, se desarrolla un proceso que el docente N° 9 llama “*curiosear con el problema*” y lo describió de la siguiente manera: “*lo resuelvo y empiezo a buscar variantes; ya lo resolví, está bien, pero ¿qué pasaría si fuera esto?, ¿qué pasaría si fuera aquello?*”. Esta serie de interrogantes, además de revelar un interés por razonar más allá de la solución, lo que pretenden es orientar la mirada del resolutor hacia otros aspectos del problema que antes fueron ignorados; adicionalmente, la intención de ver y comprender el problema desde otra perspectiva demuestra que existe la inquietud o la curiosidad por explorar otro espacio (ambiente, contenido, realidad) posible del problema, o por develar lo que antes estaba oculto, o por conocer otros aspectos que pueden estar relacionados con el problema abordado.

Existe otra manera de generar nuevas visiones o asombro en el proceso de resolución de problemas y un ejemplo de ello lo describió la docente N° 4 con sus “problemas contextualizados” a la realidad de sus alumnos de la zona rural; la posibilidad de convertir en problemas matemáticos aspectos asociados a sus actividades cotidianas de siembra, cultivos, recolección de frutos, venta, compra de fertilizantes, etc., muestra a los estudiantes otra perspectiva de sus vidas (vinculada a la matemática), de la matemática (no monótona, no necesariamente numérica, relacionada con todo lo que le rodea) y de los problemas matemáticos (no son mecánicos, ni algorítmicos).

Ese “mirar diferente” la situación problemática, ese “pregunteo” sobre los datos o las condiciones o la solución del problema, esa actitud exploradora o escudriñadora son evidencias del acto de descubrir problemas.

IMPLICACIONES DE LA HEURÍSTICA DE PROBLEMAS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE MATEMÁTICA

Alan Schoenfeld (matemático experto en resolución de problemas), reconoce que la matemática es un vehículo ideal para promover las técnicas mentales o de razonamiento que necesitan los estudiantes, independientemente de su gusto por la matemática y que decidan o no escoger un oficio o una carrera universitaria que esté relacionada con el conocimiento matemático (Schoenfeld, 1985). Además enfatiza que es poco probable que los estudiantes desarrollen la manera de pensar matemáticamente a menos que sus profesores del área le sirvan de catalizador y modelo para ello. En definitiva, el docente debe mostrar con claridad que la matemática es aplicable en muchos campos y que comprenderlas representa beneficiarse de ella.

Una de las maneras de mostrar la aplicabilidad de la matemática es a través de la resolución de problemas y es por ello que González (2004) la considera como uno de los saberes que deben poseer quienes se dedican profesionalmente a la enseñanza de la matemática en los diferentes niveles educativos. Tanto los problemas como su actividad resolutoria deben provocar la reflexión de los responsables de la formación docente en matemática; es aquí donde están las instituciones encargadas de la formación de los maestros y los profesores (escuelas de educación de las universidades, institutos pedagógicos, principalmente). En efecto, los estudiantes para profesores, en su proceso de formación inicial en tales instituciones, deben aprender no sólo a resolver problemas, sino también “deben aprender a enseñar a aprender a resolver problemas; esta última expresión no es un galimatías; al contrario, refiere a una problemática didáctica aún no del todo resuelta” (GONZÁLEZ, 2004; p. 12). Esto último revela que aún queda mucho trabajo por hacer en las instituciones formadoras de docentes, no sólo en cuanto a la elaboración y ejecución de propuestas curriculares de formación de profesores de matemática, sino también en relación con la investigación del rol del docente en el tratamiento de los problemas y su resolución en el aula.

Un docente de matemática no sólo debe conocer teóricamente su área (saber disciplinar) y saber qué hacer para resolver un problema (saber procedimental), sino también debe ser consciente de la situación problemática y de todo el proceso a seguir, para saber regularlo, controlarlo, desarrollar satisfactoriamente la resolución, llegar a la solución y poder evaluarla. Si un docente no posee los conocimientos matemáticos, no está consciente de los procesos ya mencionados y además no ha vivido la experiencia de resolver problemas, no sabrá orientar a sus estudiantes en la resolución de problemas.

Por esto es necesario insistir en el proceso de resolución en la formación conceptual y procedimental de los profesores de matemática, tanto en el estudio de la carrera (pregrado) como en los programas de postgrado (especialización, maestría, doctorado) y en los planes de formación profesional, actualización o refinamiento docente (cursos, talleres, jornadas de estudio).

En estos programas y planes resulta altamente provechoso incluir al menos un curso enfocado en la resolución de problemas en el cual se dediquen muchas horas a: estudiar (comprender, analizar, aplicar) técnicas o estrategias de resolución (aquí se consideran los modelos de resolución de diferentes autores: Wallas, Polya, Schoenfeld, Mason-Burton-Stacey, De Guzmán, entre otros); discutir los posibles caminos que conducen a la solución de un

problema (y esto puede hacerse en pareja, en pequeños grupos o en gran grupo); promover el registro escrito o protocolo del proceso de resolución; detectar y analizar las dificultades que se presentan o los errores que se cometen al resolver problemas; diseñar actividades fundamentadas en resolución de problemas que puedan promoverse en las aulas de EMG para enseñar matemática a los estudiantes y desarrollar en ellos hábitos de trabajo y de razonamiento matemático (definir, medir, calcular, graficar, construir, estudiar casos, relacionar, establecer analogías, argumentar, demostrar, entre otros procesos).

Como puede apreciarse en lo anterior, se integran aspectos matemáticos (tanto conceptuales como procedimentales), psicológicos (vinculados al aprendizaje, al razonamiento, a lo actitudinal), didácticos (asociados a la enseñanza), técnicos (la planificación, el diseño de actividades).

Es a partir del estudio y la práctica frecuente del proceso de resolución de problemas que un docente puede trascender a *la heurística de problemas*, es decir, es a partir de la resolución de problemas que desarrolla, tanto su habilidad para identificar, hallar, descubrir, encontrar y construir problemas, como su sensibilidad a los problemas. Un abordaje heurístico de una situación problemática puede combinar o integrar todos o algunos de estos procesos, los cuales pueden concretarse en las acciones siguientes: explorar situaciones poco conocidas; observar de manera diferente un objeto de estudio (una nueva visión del problema o ver varias aristas del problema); dejarse asombrar por lo desconocido; formular tantas preguntas como sean necesarias para focalizar el pensamiento sobre el objeto desconocido; pensar en las diferentes variables (tiempo, espacio, contexto, personas, entre otras) que intervienen en una situación problemática; ensayar métodos o procedimientos novedosos para estudiar las situaciones; hacer registro multifocal y sistemático de información; formular hipótesis o conjeturas para validarlas o rechazarlas; encontrar deficiencias o aspectos mejorables en objetos o situaciones; comunicar resultados parciales o aproximaciones a la solución del problema.

Si se transfiere lo anterior al ámbito educativo, con tales acciones se puede orientar el diseño y la ejecución de programas de formación que permitan desarrollar o consolidar, tanto en los estudiantes de las carreras afines a la docencia en matemática, como en los profesores ya graduados, los hábitos, las habilidades, las actitudes y los valores necesarios para identificar, hallar, descubrir, encontrar, construir, sentir y resolver problemas.

Un programa de formación de profesores de matemática orientado por *la heurística de problemas* (es decir, orientado por la identificación, el hallazgo, el descubrimiento y la construcción de problemas, el encontrar problemas y la sensibilidad a los problemas), no solamente debe enfocarse en los procesos cognitivos asociados (percepción atención, procesamiento de información, razonamiento, entre otros), sino también debe atender los aspectos psico-emocionales vinculados a la motivación, la creatividad y la toma de decisiones. Adicionalmente debe promover un ambiente donde la producción y la comunicación de ideas sea la premisa de estudio y aprendizaje, y en el cual los participantes se sientan libres de preguntar, opinar, sugerir, informar sobre hallazgos o descubrimientos.

Todo lo anterior hace pensar que las actividades a desarrollar en este programa de formación deben ser retadoras o sorprendentes (para que puedan producir asombro), poco convencionales (no apegadas a una estructura o modelo tradicional de enseñanza o aprendizaje), flexibles (no necesariamente acopladas a una metodología conocida, o realizables en un tiempo

determinado), significativas en cuanto al contexto y realidad de los participantes. Es importante que esas actividades sean de naturaleza matemática, es decir, que requieran de conceptos y procedimientos matemáticos para su abordaje y resolución.

CONSIDERACIONES FINALES

El enfoque biográfico de investigación dio la oportunidad de conocer la visión que cada profesor entrevistado tiene acerca de sus concepciones, habilidades, experiencias y modos de proceder al enseñar matemática (particularmente al resolver problemas matemáticos). A partir de los relatos de vida de doce profesores de matemática se pudo redefinir, caracterizar, describir y analizar el constructo *heurística de problemas* (propuesto al inicio de este estudio) en el contexto de la EMG; de alguna manera se revelaron aquellos aspectos de índole conceptual, procedimental, pedagógico y experiencial que rigen, tanto *la heurística de problemas*, como la acción de los docentes en el aula.

El análisis de las entrevistas develó que los profesores entrevistados aprendieron a resolver problemas matemáticos, bien sea en su bachillerato o al realizar sus estudios universitarios, de manera que ellos reconocen la importancia de este proceso para aprender matemática y por eso recurren a la resolución de problemas en su trabajo de aula para enseñar matemática. Sin embargo, lo hacen de diferentes maneras: algunos se limitan a resolver “problemas tipo” que extraen de los libros y muestran el procedimiento a seguir para resolverlos; otros problematizan situaciones cotidianas, formulan muchas preguntas, orientan la búsqueda de información, promueven la discusión de procesos y soluciones. En ambas situaciones, los profesores entrevistados no asociaron la palabra *heurística* con sus actividades de resolución de problemas.

En relación a los procesos asociados a *la heurística de problemas*, en las entrevistas fueron claramente mencionados: la identificación de problemas, el encontrar problemas y el hallazgo de problemas. Los otros tres procesos (descubrimiento, construcción y sensibilidad) quedaron implícitos en los relatos de los profesores, al hacer algunas descripciones de su trabajo en aula que se asocian a tales procesos. La identificación es el proceso primario ya que se activa (o no) al estar frente a una situación problemática, por eso está asociado a la conciencia de problema que tenga el resolutor. Las entrevistas realizadas permitieron precisar las confusiones de algunos docentes al abordar los problemas en el aula, trabajando indistintamente (paso a paso, mecánicamente) algoritmos, ejercicios y problemas.

El hallazgo de problemas y el encontrar problemas fueron considerados como sinónimos por el grupo de profesores entrevistados. Para ellos encontrar o hallar el problema está directamente asociado a encontrar o hallar el camino de su solución y esto representa el esfuerzo principal del resolutor, es lo que consume más tiempo en el proceso de resolución porque requiere analizar minuciosamente la situación problemática para poder generar las posibles vías que conduzcan a su solución. Este proceso no sólo es exigente cognitivamente, sino también emocionalmente porque la persona debe estar motivada o sentirse atraída por el problema, aceptar el reto de resolverlo y desplegar sus herramientas de razonamiento (ponerlas a disposición) para realizar el análisis.

La motivación y la buena disposición de ánimo para enfrentar un problema muestran que la persona tiene una actitud positiva frente al problema y ésta es la forma de manifestarse

la sensibilidad a los problemas. Ninguno de los profesores entrevistados dijo “ser sensible” a los problemas; sin embargo cinco de ellos describieron con gran entusiasmo algunas actividades realizadas con sus estudiantes, en las cuales presentan situaciones novedosas y retadoras en diferentes contextos (la escuela, la casa, el mercado, entre otros), acompañadas de instrucciones claras y muchas preguntas. Los profesores afirmaron que el desarrollo de tales actividades no sólo les permite resolver problemas de una manera diferente (no mecánica, ni apegados a un contenido único, ni siguiendo un modelo de resolución), sino también generar un acercamiento de sus alumnos a la matemática desde lo cotidiano, pasando por la experiencia de valorar la matemática a través de la aplicación de procesos matemáticos (contar, medir, estimar, calcular, inferir, verificar) a situaciones reales y de su contexto. Estas experiencias escolares, bien planificadas y desarrolladas, sin duda terminan por desarrollar una sensibilidad hacia la matemática y los problemas.

Así mismo, estas experiencias, al plantearse en un contexto real, permiten recrear una situación problemática a partir de actividades cotidianas. Así “los problemas contextualizados” (como los denominó uno de los docentes entrevistados) constituyen una muestra de la construcción de problemas. Para estudiar, comprender y resolver estos problemas, es necesaria una actitud exploradora, escudriñadora, buscadora de información o evidencias, hacerse preguntas para orientar el razonamiento. Todo este andamiaje de procesos y actitudes es lo característico del descubrimiento de problemas. Estos dos últimos procesos (descubrimiento y construcción) no son abordados por todos los docentes entrevistados porque para ello se requiere formación matemática, experiencia docente y tener desarrolladas, no sólo la habilidad de resolver problemas sino además la sensibilidad a los problemas.

Todo lo anterior permite pensar en dos acciones concretas para seguir profundizando en el estudio de la resolución de problemas y *la heurística de problemas*: una, asociada a la formación de profesores de matemática; otra vinculada a la investigación sobre resolución de problemas y heurística de problemas enfocada en el rol del docente.

En relación con los planes de formación de profesores, se presentaron en este artículo algunas ideas orientadoras (en el apartado de las Implicaciones). No sólo se trata de desarrollar, en cada docente, habilidades para la resolución de problemas (esto se logra con estudio, práctica y discusión), sino también, trascender a *la heurística de problemas* que permite ampliar la mirada y apreciar de manera diferente a los problemas y su tratamiento (abordaje, estudio, exploración, análisis, resolución). Pero además, estos docentes deben aprender, durante su formación, a enseñar a otros (sus estudiantes, en primera instancia) a resolver problemas y a generar espacios de aprendizajes matemáticos que resulten gratos, retadores, significativos (útiles, aplicables) y dinámicos para sus estudiantes; es aquí donde *la heurística de problemas* puede brindar amplias posibilidades de un fructífero trabajo de aula.

En cuanto a la investigación, existe una línea de trabajo en educación matemática fundamentada en la resolución de problemas, la cual ha generado gran volumen de estudios relevantes. Existe una sistematización de esta producción investigativa, sin embargo no es definitiva ni rígida porque aún queda mucho por investigar, organizar, producir y concluir en este sentido. Una de las áreas que necesitan abordarse es el papel del profesor en el tratamiento de los problemas en el aula y es aquí donde el paradigma cualitativo de investigación resulta orientador porque permite indagar a profundidad sobre un tema (*la heurística de problemas*,

por ejemplo) a partir de las vivencias de sus actores (los docentes) para analizar, comprender e interpretar el objeto de estudio en cuestión.

REFERENCIAS

ARENDDT, H. **La Vida del Espíritu**. Barcelona (España): Paidós, 2002.

ALFONSO, V.; GARCÍA, R. Hallazgo de problemas (problem finding) como habilidad creativa fundamental y su promoción en contextos educativos. **Creatividad y Sociedad**, v. 3, p. 55-60, 2003.

ARISTÓTELES. **Problemas**. Madrid: Gredos, 2004.

AUSTIN, L. Disponible: http://sciencecareers.sciencemag.org/career_magazine/previous_issues/articles/2009_02_20/caredit.a0900024. Consulta: 23 Enero. 2014.

BECERRA, A. **Thesaurus curricular de la educación superior**. 2006. 298p. Disertación (Trabajo de ascenso) – Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, 2006.

BECERRA, A. **Problema, problemática y problematización**. 2009. 206 p. Disertación (Trabajo de ascenso) – Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, 2009.

BERTEAUX, D. El enfoque biográfico: Su validez metodológica, sus potencialidades. **Proposiciones**, v. 29, p.01-23, 1999.

BOURNE, L.; EKSTRAND, B.; DOMINOWSKI, R. **Psicología del Pensamiento**. México: Trillas, 1980.

BRITO, J.; RAMÍREZ, M.; IZQUIERDO, P.; ZAPATA, J. **Paradigma Heurístico**. Disponible: <http://psmheuristica.webnode.com.ve/>. Consulta: 6 Noviembre. 2014.

CORTÉS-FONNEGRA, L. M. No parar de preguntarse, no detenerse en la búsqueda. *Desde la Biblioteca*, Medellín-Colombia, N° 45, 25-33, junio 2013. Disponible: fondoeditorial.itm.edu.co/desde-la-biblioteca.html. Consulta: 6 Noviembre. 2014.

DAVIS, G. A.; SCOUT, J. A. (Comp.) **Estrategias para la creatividad**. Buenos Aires: Paidós, 1975.

FELDMAN, R. S. **Psicología con aplicaciones a los países de habla hispana**. México: McGraw Hill, 1999.

GARCÍA-MORENTE, M. **Lecciones Preliminares de Filosofía**. México: Mexicanos Unidos, 1983.

GONZÁLEZ, F. **Cómo desarrollar clases de matemática centrada en resolución de problemas**. Mérida (Venezuela): Producciones Editoriales C.A., 2004.

GORDON, J. **Serendipia, el accidente feliz**. Disponible: http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs_rum/index.php/rum/article/view/212/463. Consulta: 11 Octubre. 2013.

- GUILFORD, J. P. Creativity. *American Psychologist*, v. 5, p.444-454, 1950.
- HARDY, T.; JACKSON, R. **Aprendizaje y Cognición**. Madrid: Prentice Hall, 2001.
- KRINGS, H.; BAUMGARTHER, H. M.; WILD, C. **Conceptos fundamentales de filosofía**. Barcelona (España): Herder, 1979.
- LAROUSSE. **Diccionario de Sinónimos y Antónimos e Ideas Afines**. México: Autor, 2000.
- LEAL, S. **Fenomenología del problema y de la conciencia de problema y sus implicaciones pedagógicas en educación superior**. 2006. 244 p. Trabajo de grado (Maestría en Educación Superior Universitaria) – Universidad Simón Bolívar, Caracas, 2006.
- LEAL, S. **Conciencia Heurística: un constructo necesario en la identidad profesional docente del profesor de matemática**. 2016. 381 p. Tesis (Doctorado en Ciencias Sociales y Humanidades) – Universidad Simón Bolívar, Caracas, 2016.
- LEE, H.; CHO, Y. Factors affecting problem finding depending on degree of structure of problem situation. *The journal of educational research*, v. 101, n. 2, 2007.
- LÓPEZ, G. *Serendipity: ¿por qué algunos tienen éxito y otros no?*. Disponible: <http://www.serendipityweb.es>. Consulta: 12 Diciembre. 2009.
- LÓPEZ-MUÑOZ, F.; BAUMEISTER, A.; HAWKINS, M.; ÁLAMO, C. El papel de la serendipia en el descubrimiento de los efectos clínicos de los psicofármacos: Más allá del mito. *Actas Esp Psiquiatr*, v. 40, n. 1, p. 34-42, 2012.
- MACWORTH, N.H. Originality. *American Psychologist*, v. 20, p.51-66, 1965.
- MARINA, J. **Teoría de la inteligencia creadora**. Barcelona (España): Compactos Anagrama, 1993.
- MONTES, F. **Resolución de problemas y toma de decisiones**. México: Trillas, 2000.
- PAPALIA, D.; WENDKOS, S. **Psicología**. Chile: McGraw Hill, 1987.
- POGGIOLI, L. **Estrategias de resolución de problemas** (Serie Enseñando a Aprender). Caracas: Fundación Polar, 2007.
- POLYA, G. **Cómo plantear y resolver problemas**. México: Trillas, 1978.
- REAL DE LEÓN, R.; VARGAS, J.; FLORES, M. **Heurística-Heuresis**. Disponible: <http://arqueopoetica.azc.uam.mx/escritos/heuristica.html>. Consulta: 6 Noviembre. 2014.
- RECIO, H. **Creatividad en la solución de problemas**. México: Trillas, 2004.
- ROBERTS, R. **Serendipia. Descubrimientos accidentales de la ciencia**. Madrid: Alianza, 2004.

RODRÍGUEZ, M. **Manual de creatividad. Los procesos psíquicos y el desarrollo.** México: Trillas, 1998.

RODRÍGUEZ-SALAZAR, L. M.; ROSAS-COLÍN, C. P.; CABALLERO-CASTELLANOS, G. S. Epistemología de la imaginación. **Cuadernos UFS Filosofía**, v. 9, n. 13, p. 129-146, 2011.

SCHOENFELD, A. **Ideas y tendencias en la solución de problemas. La enseñanza de la Matemática a debate.** Madrid: Ministerio de Educación y Ciencias, 1985.

SCHUNK, D. **Teorías del aprendizaje.** México: Prentice Hall, 1997.

SIGARRETA, J. M., LOCIA, E.; BERMUDO, S. Metodología para el Tratamiento de los Problemas Matemáticos. **Revista Premisa**, v. 13, n. 48, p. 28-40, febrero 2011. Disponible: <http://www.soarem.org.ar/Documentos/48Sigarreta.pdf>. Consulta: 6 Noviembre. 2014.

STERNBERG, R.J. **Inteligencia exitosa: Cómo una inteligencia práctica y creativa determina el éxito en la vida.** Barcelona (España): Paidós, 1997.

Submetido em: 08 de Fevereiro de 2021.

Aprovado em: 25 de Março de 2021.

Publicado em: 07 de Maio de 2021.

Como citar o artigo:

LEAL, S. Heurística de problemas en la formación de profesores de matemática. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura - REMATEC**, Belém / PA, v. 16, n. 38, p. 64-85, Maio-Ago., 2021. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2021.n38.p64-85.id337>