

EL PENSAMIENTO COMPLEJO EN LA FORMULACIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN MATEMÁTICA

Carolina Vanegas Rodríguez

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo

caritovanegas@cantv.net

Resolución de problemas; Superior; Etnográfico/Interpretativo

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue realizar una aproximación teórica del proceso de formulación y solución de problemas contextualizados en el área matemática desde el paradigma de la complejidad. Teóricamente, el estudio integró el pensamiento complejo de Edgar Morin (1990) y la teoría de las estructuras disipativas de Ilya Prigogine (1967). El propósito fundamental es explicar, desde la complejidad, como se desarrolla el proceso de formulación y solución de problemas empleando herramientas matemáticas. El estudio se ubicó en el marco de las investigaciones cualitativas fundamentándose en los enfoques fenomenológico y hermenéutico desde la perspectiva de un diseño de trabajo de campo. La información fue obtenida a través de entrevistas semiestructuradas aplicadas a estudiantes cursantes de la asignatura Matemática II perteneciente al tercer semestre de la carrera de Contaduría Pública de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Campus Bárbula de la Universidad de Carabobo. Los resultados indican que la resolución de problemas es el punto de encuentro entre lo intelectual y lo motivacional, lo algorítmico y lo heurístico, lo lógico y lo creativo, lo abstracto y lo concreto, lo cuantitativo y lo cualitativo, lo racional y lo intuitivo. Involucra una transformación fundamental en el modo de pensar del individuo de tal manera que resolver problemas con base en el lenguaje y procedimientos de la matemática implique la interconexión de varios tipos de pensamientos que se creían separados: intuitivo, abstracto, creativo y analógico y en donde los contextos educativo, psicológico, informático, simbólico y social sean recíprocamente interdependientes.

Palabras clave: Complejidad – Matemática - Resolución de Problemas.

OBJETO DE ESTUDIO

El estudio de la solución de problemas ha sido tratado ampliamente por los psicólogos que han trabajado desde concepciones teóricas diferentes e incluso enfrentadas: la teoría del asociacionismo, la teoría de la Gestalt y la teoría del procesamiento de la información. El propósito fundamental de esta investigación es explicar, desde el paradigma de la complejidad, como se desarrolla el proceso de formulación y solución de problemas empleando herramientas matemáticas. El nuevo enfoque teórico implica reconsiderar algunos elementos de las teorías antes mencionadas que no han sido aplicadas en toda su extensión. Adicionalmente se busca sustituir la metáfora de la construcción por la de la red de relaciones.

La mayoría de los métodos convencionales de resolución de problemas, sin restarles importancia, son adaptaciones del formulado en 1949 por el matemático húngaro George Polya, el cual propone una secuencia lineal simple: Comprender el problema → Diseñar un plan → Ponerlo en práctica → Validar la solución. Por lo general el problema ya ha sido formulado por el docente o por el texto de matemática: se conocen los datos, las condiciones y las incógnitas desarrollándose el proceso de una forma ordenada y estabilizada en unas coordenadas espacio-temporales en donde el profesor enseña y los alumnos aprenden empleando estrategias preconcebidas. Adicionalmente este método involucra un razonamiento reduccionista (se reduce

el todo a las partes) y determinista (hay una predicción certera de los resultados). Un sujeto no podrá apreciar la utilidad, la potencia y la belleza de la matemática mientras que no sea capaz de resolver un problema que el mismo haya inventado. Gran parte de los problemas que se presentan son abstractos o están descontextualizados lo que origina una desmotivación y desinterés hacia la matemática.

Si se analiza el proceso seguido por los grandes productores del conocimiento matemático al realizar sus descubrimientos/inveniones, la mayoría resolvía problemas por simple curiosidad (desafío lúdico) y otros trataban de explicar fenómenos de otros ámbitos del conocimiento o de la actividad humana especialmente en el campo de la física, astronomía y economía. No seguían un simple recetario de reglas mnemotécnicas, sino que en muchas ocasiones se dejaban llevar por la intuición o la comprensión súbita.

OBJETIVOS

Objetivo General

Generar una aproximación teórica del proceso de formulación y solución de problemas en el área matemática desde el paradigma de la complejidad.

Objetivos específicos

- Explicar la forma como ha sido abordada la resolución de problemas desde diferentes perspectivas.
- Explicar las razones por las cuales se consideran incompletas las aproximaciones que se han realizado sobre la resolución de problemas.
- Identificar el conjunto de premisas epistemológicas de la relación dialógica sujeto-proceso-contexto en la formulación/solución de problemas.
- Diseñar una red teórica topológica que describa y explique el macro-proceso de formulación y solución de problemas contextualizados en el área matemática desde el paradigma de la complejidad.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las razones por las cuales se decidió emprender el estudio fueron varias; la principal fue la preocupación de la autora como miembro del personal académico universitario en relación con la baja capacidad que tienen los estudiantes para interpretar gráficas, realizar modelos matemáticos de una situación, estimar o comparar magnitudes, mostrar una actitud crítica con respecto a los datos y los resultados obtenidos y en línea general para resolver situaciones problemáticas en el área de la matemática.

Esta situación ha sido objeto de inquietud por parte de diferentes investigadores acreditados tal como se puede deducir de los trabajos que han sido citados; sin embargo se focalizó en la articulación como unidad compleja el proceso de resolución de problemas, el cual constituye el tema de actuación indagatoria fundamental en este trabajo de investigación y cuya realización encontró sentido en las siguientes áreas de argumentación justificatoria: teórica, metodológica y práctica.

Relevancia de la investigación:

Perspectiva epistemológica: Explicación compleja del proceso de formulación y solución de problemas

Perspectiva educativa: La formulación y la solución de problemas:

- a) Contribuye a afianzar los conocimientos matemáticos
- b) Aumenta la motivación hacia la matemática
- c) Promueve el aprendizaje significativo

- d) Desarrolla habilidades cognitivas de orden superior
- e) Promueve la reflexión como estilo de vida

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La investigación está basada en el pensamiento complejo de Morin (1990) [una nueva forma de pensar que busca la integración de las partes en un todo, la recursividad y la relación dialógica entre elementos aparentemente antagónicos pero que son realmente complementarios], en la teoría de catástrofes de Thom (1976) [estudio cualitativo de las discontinuidades, cambios cualitativos y transiciones súbitas en fenómenos naturales] y en la teoría de las estructuras disipativas de Prigogine (1967) [estudio de la termodinámica de los procesos irreversibles y la autoorganización de sistemas abiertos alejados del equilibrio]. Por lo tanto la estructura teórica está dada por los siguientes patrones o tendencias relacionadas entre sí: Complejidad, Discontinuidad y Autoorganización que permiten asignar nuevas cualidades de significación al entramado discursivo. En este nivel se articulan los conocimientos según una causalidad circular en la que cada uno de los paradigmas nutre a los otros.

Para que la proyección del pensamiento relacional en el campo de la generación y resolución de problemas en la ciencia exacta pueda constituir una tarea fructífera fue preciso profundizar en los conceptos, principios y características del mismo. Se resalta que la concepción básica de la complejidad implica la existencia simultánea de una heterogeneidad estructural y de una reciprocidad funcional, dándole importancia al papel que desempeña el sujeto cognoscente.

Cuadro 1. Diferenciación entre ejercicio y problema

↙	➤	Ejercicio	Problema
Énfasis		Producto ➤ Solución	Proceso ➤ Aprendizaje
Estrategia de solución		Algoritmo	Heurístico
Finalidad		Memorizar procedimientos y aplicarlos mecánicamente	Comprender la matemática dando sentido a las operaciones y procedimientos e interpretando lo desarrollado
Rol del alumno		Pasivo	Activo
Actividad		Rutinaria	Representativa
Borrosidad		Insignificante	Muy alta, ya que no está delimitado con precisión
Nivel de entropía		Muy bajo	Muy alto
Imagen trascendente		Regresiva (conocimientos previos)	Progresiva (vía novedosa)
Ejemplo		Hallar la raíces de x^2-3x+2	Una empresa desea cercar un terreno rectangular con 20 metros de malla alfajol ¿Cómo dependerá el área cercada por la malla con respecto a la longitud del terreno?

Fuente: Elaboración propia

En este trabajo de investigación, un problema se interpretará como:

- 1) Una situación incierta que provoca en el sujeto una acción tendente a hallar la solución y de esta forma reducir la tensión originada por dicha incertidumbre.
- 2) Representativo para el sujeto porque se encuadra en contextos o circunstancias que les son familiares o atractivos y por lo tanto motivantes. Como lo expresa con acierto Morin (2002) en este universo todo lo que hombre transforma, le transforma. Toda modificación exterior se convierte también en interior.
- 3) Un desafío intelectual porque, lejos de requerir de un algoritmo o de un procedimiento rutinario, es una situación que obliga al sujeto a auto-eco-organizar sus conocimientos y explicaciones con la finalidad de encontrar la solución de un problema concreto que entraña niveles de incertidumbre y complejidad tecnológica.
- 4) Un proceso altamente influenciado por los conocimientos previos y el contexto socio-tecnocultu-circunstancial en que se desarrolla.
- 5) Un reto que da lugar a una modificación de las estructuras cognitivas del sujeto que le permite incluir, en las explicaciones originales, nuevos casos o contextos de aplicación de los conceptos involucrados.
- 6) Una oportunidad de conocimiento que implica una adecuada descripción y representación del problema, ya que en la mayoría de los casos la formulación depende de la interpretación o comprensión que del mismo realiza el sujeto.

METÓDICA

Como la plataforma epistemológica utilizada va de la mano de la metodología, el estudio se ubica en el marco metódico de las investigaciones cualitativas fundamentado en los enfoques fenomenológico y hermenéutico desde la perspectiva de un diseño de trabajo de campo. La información fue obtenida a través de entrevistas individuales de investigación semiestructuradas, asesorías y observaciones de un grupo de estudiantes cursantes de la asignatura Matemática II (turno de la tarde) perteneciente al tercer semestre de la carrera de Contaduría Pública de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales Campus Bárbula de la Universidad de Carabobo.

Las entrevistas se basaron en la experiencia obtenida de la ejecución de problemas representativos empleando modelos matemáticos preestablecidos. Los datos recaudados fueron organizados en categorías que aludieron a procesos sobre los cuales se construyeron las expresiones generales de carácter teorizante que constituyen el aporte de la presente investigación. El resumen se presenta en el siguiente cuadro:

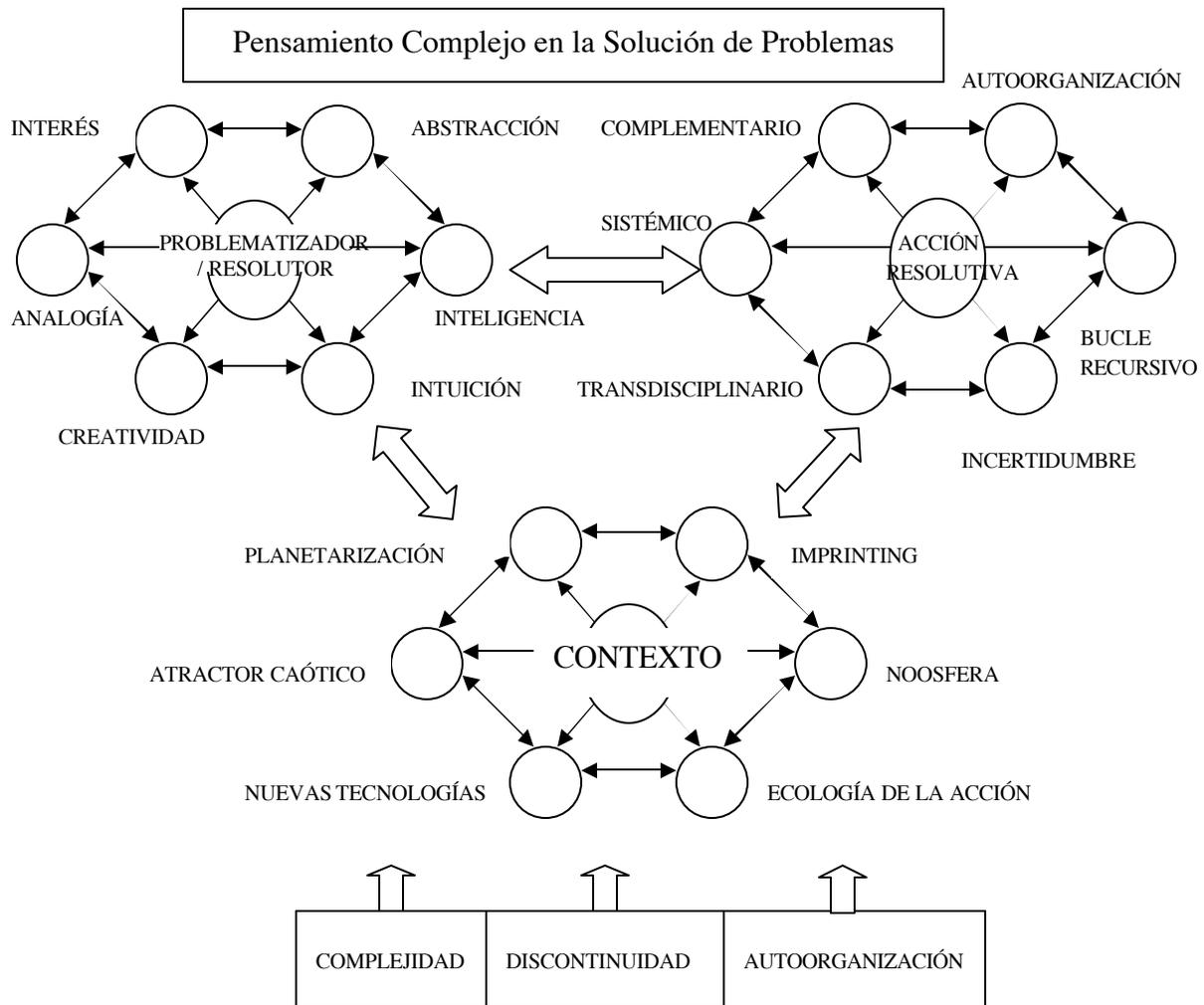
Cuadro 2

Modalidad	Cualitativa
Metodología	Fenomenología y hermenéutica
Muestra	Intencional, estudiantes de Matemática II
Delimitación	Espacio: Dpto. Matemática, AC-CP, FACES, UC Temporal: 1S-2005 a 2S-2006
Técnicas de recolección de información	- Observación participante - Entrevista semiestructurada - Autoobservación
Instrumentos de recolección de información	- Diario de campo o registro de situaciones - Registros de clase - Registros de asesorías sobre el proyecto individual (seguimiento)

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Categorías	Significado
Reflexión	Habilidad de pensar sobre lo que se va a hacer o se ha hecho con coherencia
Automotivación	Disponibilidad y apertura ante situaciones planteadas
Curiosidad intelectual	Reconocer y buscar siempre nuevas preguntas en cualquier actividad
Creatividad	Buscar y encontrar ideas propias y comunicativas
Analogía	Habilidad de hacer comparaciones y buscar similitudes
Insight	Comprensión súbita de la solución de un problema. Es un momento extremadamente corto que surge espontáneamente cuando la mente está llena de información, de conceptos y patrones de pensamiento.
Fijación en el método	Tendencia a percibir una sola forma de resolver un problema
Imprinting familiar	Huella que impone la cultura familiar en el sujeto
Engramas	Creencias que se transforman en obstáculos para resolver problemas
Efecto mariposa	Alta sensibilidad a las condiciones iniciales
Inseguridad	Incapacidad para afrontar condiciones de incertidumbre cognitiva y el caos que existe cuando un problema no está bien definido
Elemento desencadenante	Cada concepto aprendido o situación vivida constituye una fuente del sentido común y de la resolución de problemas
Lúdica Combinatoria	El juego es una actividad recreativa sometida a reglas. Es una combinación de esparcimiento y control en donde se expresa la capacidad humana de regular actividades y acatar leyes. El juego tiende a estimular de manera directa facultades como la inteligencia, la capacidad de decisión, la apreciación de prioridades, la capacidad de aceptar sacrificios provisionales con objeto de alcanzar finalmente una victoria definitiva, la audacia y la prudencia. El homo ludens aprende las ventajas de seguir un método logrando los objetivos de una forma ordenada y lógica. De acuerdo con su variedad, los juegos ponen énfasis en ciertas cualidades especiales como la previsión, la aptitud matemática, la captación de analogías y otras relaciones. Asimismo, van inculcando diversos valores sociales, sobre todo, la autodisciplina
Proalimentación	Temor a lo nuevo
Monologo Interior	Proceso mediante el cual el sujeto dialoga consigo mismo para encontrar la solución de un problema
Autoorganización	Proceso de reformulación del problema
Reconocimiento de patrones	Identificar elementos repetitivos

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

APORTES

Como resultado de esta investigación se destacan los siguientes aportes significativos:

- 1) Red teórica: El esquema complejo formulado a partir de las premisas epistemológicas: Complejidad – Discontinuidad - Autoorganización.
- 2) Red topológica: Espacio complejo de posibilidades de la acción resolutoria que incluye una representación bidimensional de la psicodinámica del problematizador ∞ resolutor.
- 3) Enfoque transdisciplinario: Se toma en consideración los criterios aportados por disciplinas afines: la educación matemática, psicología cognitiva, gerencia, informática, biografía y psicobiología.
- 4) El bucle recursivo incluye la noción de flecha psicológica del tiempo porque un cambio sólo puede evaluarse en relación con un punto de referencia bien determinado en el pasado.

CONCLUSIONES

El objetivo de la investigación fue diseñar una red teórica topológica del macroproceso de formulación → resolución

de problemas contextualizados en matemática ya que se perciben deficiencias en los modelos empleados en la actualidad. La creencia generalizada de que toda dificultad se puede resolver a través de un procedimiento de análisis reduciendo los problemas complejos a elementos más simples y siguiendo una secuencia lineal y ordenada de varias fórmulas y ecuaciones es lo que ha generado numerosos modelos reduccionistas y deterministas, que enfatizan en el proceso como tal dejando de lado al sujeto y su contexto. Esa perspectiva simplista es incapaz de ofrecer una descripción y explicación que refleje verdaderamente la gran complejidad del objeto de estudio. La transformación esencial de la acción resolutoria tiene que enfocarse desde la formulación de preguntas, porque la pregunta obliga a pensar y genera un torbellino de autoorganización de los conocimientos en la mente del sujeto, favoreciendo la aparición del insight o pliegue intuitivo donde hay mayores probabilidades de encontrar la solución buscada.

La acción resolutoria transforma al sujeto, no sólo en la calidad y cantidad de conocimientos matemáticos sino también en la apropiación de procesos y procedimientos generales, en opciones resolutorias no lineales y maneras diferentes de entender un problema, en formas distintas de valorar, elaborar juicios y criterios para analizar una situación concreta en términos abstractos y así encontrar solución a un problema; todo esto configura habilidades, tanto en el plano intelectual como en el motivacional, que no son otra cosa que maneras de pensar, sentir, actuar y conocer, articuladas culturalmente.

Pensar, comprender, interpretar y abordar el macroproceso de resolución de problemas en su totalidad, tomando en consideración la dialéctica orden-caos, tiene como condición fundamental un cambio en el modo de pensar lineal por un modo de pensar complejo, con el fin de que el problematizador/resolutor disponga de herramientas mentales y cognitivas para analizar/sintetizar la información, contextualizar el conocimiento, integrar el todo a las partes y las partes al todo, asumir el caos y la incertidumbre como fenómenos esperables y por último articular lo que estaba separado y volver a unir lo que estaba desunido: el algoritmo con el heurístico, el análisis con la síntesis, el razonamiento con la intuición, lo abstracto con lo concreto, lo cuantitativo con lo cualitativo y la dependencia con la autonomía.

formulación → resolución

La de problemas se concibe como una red conexa multidimensional, que representa la interacción o confluencia entre las dimensiones del complejo trinitario sujeto/proceso/contexto.

En el bucle de la acción resolutoria la pregunta es la que introduce el desorden en la mente del resolutor, razón por la cual es generadora de desequilibrio y de la posibilidad de un orden superior.

Para concluir, se considera que no existen pasos a modo de receta de cocina que permitan resolver problemas en matemática, lo que si se puede es trabajar con los factores de atracción caótica para favorecer la emergencia del pensamiento complejo. Como establece Morin (1990) este tipo de pensamiento no resuelve los problemas, pero constituye una ayuda para la estrategia que puede resolverlos. La acción resolutoria surge de la necesidad vital del

problematizador∞resolutor por conocer, analizar y reflexionar sobre los fenómenos de la vida tanto internos (cognoscitivos, emocionales, conductuales) como los externos (medio ambiente y entorno) que afectan su existencia. Esta personalidad resolutora implica: a) tener una visión global evitando la fragmentación de conocimientos, b) emplear criterios interdisciplinarios para comprender, abordar y resolver problemas y c) usar experiencias significativas de la vida diaria.

REFERENCIAS

- Balandier, G. (2003) *El desorden. La teoría del caos y las ciencias sociales. Elogio de la fecundidad del movimiento*. Editorial Gedisa. España.
- Beyer, W. (1998) Algunas precisiones acerca de la resolución de problemas y de su implementación en el aula. *Paradigma*. Volumen XIX
- Briggs, J. Y Peat, D. (1989) *Espejo y Reflejo: Del caos al orden. Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad*. Editorial Gedisa. España.
- Capra, F. (1998) *La trama de la vida*. Editorial Ana grama. Barcelona. España.
- Morin, E. (1990) *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa. Barcelona. España.
- _____ (1999) *El método I. La naturaleza de la naturaleza*. Quinta edición. Cátedra Teorema. Madrid. España.
- _____ (2002) *El método II. La vida de la vida*. Quinta edición. Cátedra Teorema. Madrid. España.
- Polya, G. (1957) *How to solve it*. N.J. Princenton University Press. USA.
- Prigogine, I. (1967). *Thermodynamics of irreversible processes*. New York Wiley – Interscience.