

LA METACOMPLEJIDAD: UN RETO PARA EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA A NIVEL UNIVERSITARIO

JOSÉ LUIS YOVERA YECERRA

Universidad Nacional Experimental del Yaracuy (UNEY)

Venezuela

RESUMEN

La investigación se propuso generar una teoría emergente metacompleja, para enseñar y aprender Derivadas como objeto matemático, en la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY. Se trabajó con la Teoría de las Situaciones Didácticas de Brousseau (1982) y la Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Chevallard (1992). La metodología fue cualitativa con enfoque fenomenológico-hermenéutico; el contexto fue la UNEY, y el escenario la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control. Se trabajó con siete docentes que imparten matemática en la UNEY, tres Expertos Temáticos del Instituto Pedagógico de Maracay (IPMAR) y seis estudiantes de la carrera mencionada. Como instrumentos se utilizaron: el formato F01.CPS-EMAT (Caracterización de los Programas Sinópticos del Eje de Matemática), para los textos clave (programas sinópticos) y la entrevista semiestructurada. La técnica fue el análisis de contenido. El Método Comparativo Continuo (MCC), para lograr la muestra teórica y para validar los hallazgos se usó la matriz de comparación. Los hallazgos indicaron que los programas sinópticos presentan solo estrategias cognitivas y algunas metacognitivas, careciendo de estrategias que incidan en el razonamiento lógico de manera creativa, crítica, profunda, divergente, propio del pensamiento metacomplejo. La Teoría que emerge se perfiló como una herramienta didáctica, innovadora, para la enseñanza y el aprendizaje de las Derivadas, como objeto matemático, los procesos inmersos en la teoría se imbrican en una relación de interconectividad e interacción de estrategias de enseñanza y de aprendizaje, las cuales son: cognitivas, metacognitivas, complejas y metacomplejas.

Palabras Clave:

Metacomplejidad, Enseñanza y Aprendizaje de la Derivada, Objeto Matemático, Matemática Aplicada a la Instrumentación y el Control.

Recibido: 28/06/2018

Aceptado: 04/11/2018

METACOMPLEXITY: A CHALLENGE FOR THE LEARNING AND TEACHING OF MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY LEVEL.

JOSÉ LUIS YOVERA YECERRA

National Experimental University of Yaracuy (UNEY)

Venezuela

ABSTRACT

The research aimed to generate a metacomplex emerging theory to teach and learn Derivatives as a mathematical object, in the UNEY Instrumentation and Control Engineering career. The work was done using the Theory of Didactical Situations of Brousseau (1982) and the Anthropological Theory of Didactics of Chevallard (1992). The methodology was qualitative with a phenomenological-hermeneutic approach; the context was the UNEY, and the stage, the Engineering in Instrumentation and Control career. It was worked with seven professors who teach mathematics at the UNEY, three Thematic Experts from IPMAR and six students of the mentioned career. The instruments used here were: the F01. CPS-EMAT format, for the key texts (synoptic programs) and the semi-structured interview. The technique was the content analysis. The Continuous Comparative Method (MCC), to obtain the theoretical sample and to validate the findings, the comparison matrix was used. The findings indicated that the synoptic programs present only cognitive strategies and some metacognitive ones, lacking strategies that influence the logical reasoning in a creative, critical, deep, divergent way, typical of metacomplex thinking. The Theory that emerges was outlined as a didactic tool, innovative for the teaching and learning of the Derivatives, as a mathematical object, and the processes immersed in the theory are interconnected in a relationship of interconnectivity and interaction of teaching and learning strategies , which are: cognitive, metacognitive, complex and metacomplex.

Key Words

Metacomplexity, Teaching and Learning of the Derivative, Mathematical Object, Mathematics Applied to Instrumentation and Control.

INTRODUCCIÓN

La educación universitaria en la actualidad ha diversificado la manera de fomentar el conocimiento, considerando diversos métodos que son aplicables a cada disciplina y cátedras dictadas en cada carrera universitaria; es tarea de los docentes aplicar la más idónea para que los estudiantes afiancen los conocimientos requeridos para incursionar en el campo laboral y de aplicación. Sin embargo, restringir estos procesos de adquisición de conocimientos a un nivel inferior, empobrece el intelecto y restringe el pensamiento, dejando de ahondar en procesos complejos que incidan en el pensamiento divergente, más aun en procesos metacomplejos, vistos como procesos cognitivos mentales, en el que los estudiantes toman conciencia de lo que aprenden y que a la vez deben desaprender y reaprender.

Es importante considerar que los cambios de la actual sociedad del conocimiento, de la comunicación y de la información, exigen de los ciudadanos y ciudadanas empoderarse de nuevos conocimientos, paradigmas, esquemas, formas de comportamiento, para afrontar las transformaciones que imponen los avances de la ciencia, la tecnología, lo global y la mundialización, lo inter y multidisciplinar, lo complejo, transcomplejo, por ello es interesante abordar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática desde la Metacomplejidad, que según González (2009): “no tiene tras de sí una herencia noble, ya sea filosófica, científica, o epistemológica, por el contrario sufre una pesada tara semántica, porque lleva...confusión, incertidumbre, desorden y toma de conciencia de su realidad en torno a la metacognición”, (p. 4).

En torno a ello, en esta investigación se aspira generar una teoría emergente metacompleja para enseñar y aprender Derivadas como objeto matemático a nivel universitario, en carreras del área de Ingeniería Industrial, como lo es el caso de Ingeniería en Instrumentación y Control, de la Universidad Nacional Experimental del Yaracuy (UNEY), a fin de crear una herramienta didáctica e innovadora, para que el docente universitario fomente el conocimiento, uso, manejo y aplicación de las Derivadas en el ambiente de aprendizaje con sus estudiantes.

TRANSITANDO EN LA PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL

La Situación Problema

La educación universitaria en el siglo XXI ha sufrido un considerable incremento en virtud de los requerimientos que la sociedad del conocimiento, de la información y tecnológica exige para convivir en un mundo global, inter y multidisciplinar, complejo, transcomplejo, plural y mundial, es por ello que generar cambios en los procesos de enseñanza y de aprendizaje es una tarea a la cual se han dedicado

los investigadores en la actualidad. Los estudios deben centrarse, por una parte, en cómo se puede lograr el aprendizaje con significado y que el estudiante logre una formación integral que satisfaga las exigencias anteriormente planteadas; y por la otra, que los docentes centren su atención en impulsar el logro académico, a través de propuestas que conlleven al desarrollo cognitivo, metacognitivo, complejo y metacomplejo en el ambiente de aprendizaje universitario, visto como un fenómeno social.

Estos procesos inherentes al sujeto cognosciente que aprende, se entrelazan en una malla interaccional, a fin de transitar en la metacomplejidad, ya que la misma se vislumbra como una acción pedagógica para que estudiantes y docentes universitarios logren un acercamiento más real al proceso de enseñar y aprender, y respondan satisfactoriamente a lo exigente que es la educación universitaria en el área de la matemática, específicamente en el cálculo diferencial; proceso que durante todas las épocas ha estado mediado por posiciones estereotipadas tales como “La Matemática es un filtro”; “La Matemática, la Física y la Química son las tres Marías”; “La Matemática es para locos”; “Deriva quien sabe, Integra quien puede”, lo cual ha despertado el interés por los docentes e investigadores en la búsqueda de alternativas y vías que mejoren su aprendizaje y sus estrategias de enseñanza.

Lo anteriormente descrito requiere una nueva racionalidad y un nuevo enfoque de la didáctica para el aprendizaje y la enseñanza de la matemática, haciendo andamiajes para el desarrollo de procesos metacognitivos, complejos y metacomplejos, que conlleven a que el estudiante universitario tenga mayor acercamiento al objeto matemático –la derivada–, la cual es la base que fundamenta el cálculo diferencial y pueda energizar conductas de acercamiento hacia ella, convirtiéndola en una meta de logro, lo cual conduce a que se dé el aprendizaje con significado de esta disciplina.

De acuerdo a lo planteado, el investigador deduce la importancia de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, relativos a la cognición y metacognición, fundamentales para la metacomplejidad, y así dar respuesta a la interrogante: ¿Cómo se enseña y cómo se aprende el cálculo diferencial en la Educación Universitaria? De acuerdo a lo planteado por González (1996):

La Metacognición es un término que se usa para designar una serie de operaciones, actividades y funciones cognoscitivas llevadas a cabo por una persona, mediante un conjunto interiorizado de mecanismos intelectuales que le permiten recabar, producir y evaluar información, a la vez que hacen posible que dicha persona pueda conocer, controlar y autorregular su propio funcionamiento intelectual (p. 1).

En torno a ello, en esta investigación se asumió que la metacognición es un proceso de autorregulación de lo que se aprende estando consciente de los procesos a seguir, lo cual involucra un pensamiento reflexivo, analítico y crítico

de quien aprende; único responsable de su propio aprendizaje, estableciendo lo qué le será útil o no de aprender. En el contexto de las ciencias de la complejidad, la cual se ha convertido en las últimas décadas en una ciencia auxiliar de la matemática, en el sentido de que lo complejo se construye y se mantiene por la auto-organización, que como sistema abierto está en proceso de cambio; precisamente el aprendizaje de la matemática, más aun de la derivada, debe ser un proceso profundo, cambiante y reorganizable, lo cual le imprime un carácter humanizador al estudio de la matemática.

En tal sentido, González (2009), considera que metacomplejo: "... es aquello que no puede resumirse en una palabra maestra, en una síntesis, aquello que no puede retrotraerse a una ley, aquello que no puede reducirse a una idea simple o mecanicista" (p. 2). Dada la importancia de los procesos metacomplejos, como procesos cognitivos mentales, en el que los estudiantes toman conciencia de lo que aprenden y que a la vez deben desaprender y reaprender, es interesante abordar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática desde la Metacomplejidad, sobre la base del planteamiento de Morín (2005): "... lo complejo no puede resumirse en el término complejidad, ni en la simple metacognición reduccionista" (p. 9).

En concordancia a lo anterior, es importante distinguir ¿qué aspecto conlleva a que un proceso metacognitivo se logre, cuando se aprende y se enseña a derivar? El aprendizaje y la enseñanza de las derivadas a nivel universitario como un fenómeno social, implica utilizar estrategias metacognitivas tales como: resolución de problemas, modelaje matemático, análisis focal, comprobación de variables, entre otras, que permitan la adquisición del conocimiento y que este genere un aprendizaje con significado; al respecto, las estrategias metacognitivas implican saber el propio conocimiento, reconocer las propias destrezas cognitivas para valorar, saber qué tanto se aprendió y qué falta por conocer, y así modificar el aprendizaje cuando se crea conveniente, lo cual involucra una posición de autoevaluación.

Por lo anterior, es necesario que el docente reflexione, investigue su forma de proceder tradicional y ponga en marcha acciones concretas que lo hagan más pertinente ante los retos de los cambios actuales y futuros en las diversas áreas de la educación universitaria. Para ello, es preciso que la educación y el educador se orienten desde un pensamiento complejo y metacomplejo, que debe ser asumido por los actores del sistema, y ser la esencia de la formación de los estudiantes universitarios en las diversas situaciones cotidianas; fomentando estos procesos de aprendizaje en los estudiantes y los de enseñanza en los docentes. El hecho de que la matemática y su enseñanza y aprendizaje se asuman como complejas, se apoya en la definición dada por Freudenthal (1983), la cual a pesar de tener más de treinta (30) años, en el siglo XXI cobra relevante importancia: "La matemática es pensada como una actividad humana a la que todas las personas pueden acceder y puede ser mejor aprendida haciéndola (p. 9)".

Es evidente, que se deben diseñar estrategias, que conlleven al desarrollo de procesos metacognitivos, tales como: resolución de problemas, modelaje matemático, análisis focal, comprobación de variables, entre otras, así como de procesos complejos y metacomplejos, para promocionar el aprendizaje de las derivadas como modelo en un fenómeno social, que va a garantizar que los estudiantes de carreras tales como Ingeniería en Instrumentación y Control, lo cual representa el escenario de estudio, puedan adquirir destrezas necesarias para desarrollar su capacidad de análisis, síntesis y aplicación, que propenda al desarrollo socio-cognitivo y por ende de razonamiento matemático, contextualizado con la realidad de los actores sociales involucrados.

Ahora bien, en función del campo experiencial del investigador, quien es profesor de matemática y se ha desempeñado por más de cuatro (4) años administrando asignaturas del eje de Matemática en la UNEY, pudo constatar una serie de situaciones dentro de este fenómeno social, que permitió plantear discrepancias entre el “Real Ser” y el “Deber Ser” de la enseñanza y el aprendizaje, que permita el desarrollo de procesos cognitivos, metacognitivos, complejos y metacomplejos, para aprender derivadas, lo cual se evidenció por los siguientes indicadores:

Generalmente en el ambiente de aprendizaje se utilizan métodos propios del conductismo, rutinarios, escolarizados, para la enseñanza de la matemática, en particular de la derivada, lo cual es poco favorecedor para desarrollar habilidades lógicas de pensamientos, ya que conllevan a la memorización. En algunos casos los docentes utilizan la corrección de problemas, y para realizar los ejercicios evalúan por resultados, “copiando” los procedimientos, actividad que genera poco uso del pensamiento procesual y divergente en la resolución de problemas y se evidencia el solo aprender un proceso para dar un resultado (Aprendizaje Mecanicista).

Pareciera que en el ambiente de aprendizaje no se dio una correspondencia directa entre los fines de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control y los propósitos de la Matemática, lo cual distorsiona el perfil de egreso del estudiante. Durante el proceso de enseñanza, algunos docentes no utilizaron estrategias diferenciadas, que permitan el desarrollo del pensamiento complejo, problematizador, profundo y divergente, el cual debe ser utilizado en el aprendizaje de la derivada y por ende de la Matemática a nivel universitario.

En función del planteamiento teórico, normativo y contextual, el investigador consideró abordar la enseñanza de la matemática con una nueva racionalidad, donde la metacomplejidad en conjunto con la metacognición, aplicada a la Didáctica de la Matemática, propicia mejoras al sistema educativo universitario, específicamente el de la UNEY en la carrera de Ingeniería en Instrumentación y Control. En relación a lo presentado y descrito, el investigador genera las interrogantes que surgen de la situación estudiada, a las que se dará respuesta durante el desarrollo de la presente tesis doctoral.

¿Qué tipos de estrategias están inmersas en los programas sinópticos de los cursos que conforman el eje de Matemática en la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY?, ¿Qué concepción, conceptualización y postura proyecta el docente de la UNEY para la enseñanza de la matemática?, ¿Cuál es su modelo de enseñanza?, ¿Cuáles son los significados que le asignan los Expertos Temáticos a la metacognición, complejidad y metacomplejidad para la enseñanza de la matemática?, ¿Qué estrategias usa el estudiante de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY para aprender matemática?, ¿Cuál será el andamiaje teórico, epistemológico y procedimental de una teoría emergente metacompleja para la enseñanza de la matemática a nivel universitario?

A fin de dar respuesta a las interrogantes precedentes, esta investigación tiene como propósito generar una teoría emergente metacompleja para la enseñanza de las matemática en la carrera de Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY, sobre la base de los postulados de las teorías: Situaciones Didácticas de Brousseau (1982) y la Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Chevallard (1992).

PROPOSITOS DE LA INVESTIGACIÓN

General

Generar una teoría emergente Metacompleja, para enseñar y aprender Derivadas como objeto matemático a nivel universitario, en carreras del área de Ingeniería Industrial.

Específicos

Caracterizar en los programas sinópticos que conforman el eje de Matemática de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control, las estrategias cognitivas y metacognitivas, complejas y metacomplejas presentes.

Desarrollar los mundos significativos de los docentes de la UNEY y de los expertos temáticos en cuanto a la metacognición, complejidad y metacomplejidad, al abordar la enseñanza de la matemática.

Describir las estrategias que usa el estudiante de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY, para el aprendizaje de la matemática.

Integrar el andamiaje epistémico, teórico y procedimental de una teoría emergente metacompleja para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática a nivel universitario.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación e importancia de la presente investigación se expresó en los ámbitos: Teórico, educativo, práctico, institucional y social. Desde el punto de vista Teórico se propuso una teoría emergente para la enseñanza de la Matemática, mediante el desarrollo y aplicación de estrategias cognitivas, metacognitivas, complejas y metacomplejas, para que el docente y estudiante universitario enseñe y aprenda respectivamente las Derivadas, en dicho nivel educativo. Su potencial teórico representa un aporte para futuras investigaciones como fuente primaria de indagación, ya que profundiza en las teorías: Situaciones Didácticas de Brousseau (citado) y la Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Chevallard (citado), como propiciadoras del aprendizaje con significado de la matemática.

En el contexto Educativo, benefició por una parte a la Universidad Nacional Experimental del Yaracuy y por la otra a los docentes y estudiantes universitarios, ya que la teoría que emerge en el presente estudio, puede ser utilizada como herramienta de interpretación y discusión en diferentes escenarios, así como en ambientes académicos y de investigación. Desde la perspectiva Práctica, por el uso y manejo de estrategias que propicien una forma diferente de adquirir un aprendizaje con significado e impulsar la enseñanza en las cátedras del eje de formación en Matemática, donde está inmerso el concepto de derivada, tales como Matemática I, Matemática II, Algebra Lineal y Estadística, considerando el pensamiento complejo, el pensamiento divergente y metacomplejo para el abordaje de la matemática a nivel universitario.

Institucionalmente se garantizó la proyección de la Universidad Nacional Experimental del Yaracuy en el ámbito investigativo, con intención de generar un Núcleo de Investigación, estructurando una línea de investigación en la Metacomplejidad para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática. Desde el ámbito Social, benefició a los actores sociales (docentes y estudiantes universitarios), a las comunidades donde se proyectó la investigación, y a las demás instituciones donde se imparte la carrera de Ingeniería en Instrumentación y Control, en aras de generar diversas acciones que garanticen la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, específicamente las Derivadas, en el contexto señalado, y una vez evaluado el producto de esta investigación, pudiera estudiarse la posibilidad de darse a conocer en otras universidades del país, donde se administre la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control, lo cual le daría mayor alcance.

TRANSITANDO EN EL ESTADO DEL ARTE DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA MATEMÁTICA

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo se presentan las investigaciones previas en cuanto al aporte de la propuesta; un trabajo de gran relevancia es el realizado por Irazoqui (2015), titulado *El aprendizaje del Cálculo Diferencial: una propuesta basada en la Modularización*, en el cual el objetivo general formulado consistió en probar que el diseño curricular modular generaba aprendizajes significativos, incidiendo en un mejor rendimiento académico de la asignatura de cálculo diferencial, comparado con el método tradicional de enseñanza usado con los estudiantes de la Universidad del Bío-Bío de la República de Chile. Un aporte importante es el realizado por Pino-Fan (2013), titulado *Evaluación de la faceta epistémica del conocimiento didáctico-matemático de futuros profesores de bachillerato sobre la derivada*, presentado ante la Universidad de Granada, el cual consiste en el estudio sobre los conocimientos que debe tener un profesor de matemática para que su enseñanza sea efectiva.

Manzano (2012), con su trabajo titulado *La función comprometida de la Universidad*; en el cual el objetivo principal es describir y fundamentar la propuesta de la Universidad Comprometida, lo que implica enmarcar a la institución universitaria en su presente histórico, analizar las fuerzas que se ejercen sobre ella, e ir desgranando los aspectos que he considerado fundamentales para comprender la situación; referido al compromiso social, la crisis en la institución, el par simplicidad/complejidad, la ética y la búsqueda de calidad. Graterol (2016), con su tesis titulada *Dos Educadores Matemáticos y una Didáctica*, la cual se generó desde las narrativas de la práctica docente de dos profesores de matemática con amplia experiencia como educadores, tanto en pregrado y postgrado; el propósito de la investigación fue la obtención de principios didácticos propios de la Educación Matemática Venezolana. En el trabajo se construyeron aspectos epistemológicos que fortalecieron la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. Como parte del sustento teórico se consideraron dos teorías, (1) Teoría de Situaciones Didácticas de Guy Brousseau (1982), vea Gráfico 1, y (2) Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Yves Chevallard (1992), ver Gráfico 2, las mismas incluyen el proceso de enseñanza y aprendizaje desde el contexto.

TEORÍA DE SITUACIONES DIDÁCTICAS



Gráfico 1. Esquema de la Teoría de las Situaciones Didácticas de Guy Brousseau,
Fuente: Autor (2018).

TEORÍA ANTROPOLOGICA DE DIDÁCTICAS



**TEORÍA ANTROPOLOGICA DE DIDÁCTICA
DE LA MATEMÁTICA DE
YVES CHEVALLARD (1992).**

Gráfico 2. Esquema de la Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Yves Chevallard. Fuente: Auto (2018).

TRANSITANDO EN LA METÓDICA

Enfoque Paradigmático

La investigación se enmarcó en lo cualitativo, en virtud de que estudia un fenómeno social referido al aprendizaje y la enseñanza de la derivada como objeto matemático, a través de la metacomplejidad y la dinámica de actuación de los sujetos cognoscentes (estudiantes y docentes), de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control, en la forma de abordar el aprendizaje y la enseñanza de Derivadas, en el ambiente aula, en el entendido de que la matemática (Derivadas), conlleva a una interacción constructiva de saber, comprende y hacer, que se dan en un contexto social y que puede ser estudiada desde su cotidianidad. De igual forma, la investigación permitió desde el punto de vista epistemológico, la interpretación y comprensión de los significados, asumiéndolos tal como lo plantea Maturana (1989): "...una postura comprensiva del fenómeno de estudio" (p. 45); y como lo plantea Martínez (2011): "una postura dialéctica intersubjetiva de intereses, valores y normas" (p. 60).

Ruta Epistémica

Todo proceso de investigación en lo cualitativo, se desarrolla en el mundo de las vivencias, experiencias y comportamientos de los actores, en su interacción dialógica-comunicativa, donde proyecta sus conocimientos, modelos de pensar y actuar, esquemas mentales, tradiciones, costumbres, creencias, mitos, estereotipos y valores, que construye en el imaginario individual, influenciado por el imaginario colectivo, que interactúan en la realidad vivida (modo de vida). En el caso que se refiere a la presente tesis doctoral -La Metacomplejidad para el aprendizaje y enseñanza de la Derivada a nivel universitario-, la teoría emergente está dirigida a los estudiantes y docentes de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY.

Plano Epistemológico, ¿cuál es la naturaleza de la relación entre lo investigado y el investigador?: al ubicar la investigación en este plano, se garantiza la comprensión y entendimiento del problema en estudio-La Metacomplejidad para el aprendizaje y enseñanza de la Derivada a nivel universitario-, en el contexto de la Didáctica de la Matemática. Por lo que se ubica en las Ciencias Sociales, específicamente en las Ciencias de la Educación, con énfasis en el objeto matemático (la Derivada,) el cual es la base que fundamenta el cálculo diferencial, donde la realidad emerge del devenir de los estudiantes y docentes (actores) de la UNEY, en su cotidianidad signada por la complejidad y exactitud de los procesos y cálculos matemáticos, tal como ocurre en el contexto natural donde se imbrica el componente objetivo con el componente subjetivo; significados que atribuyen los actores a los espacios permanentes de aprendizaje y de enseñanza de Derivadas (ambientes aula) en el nivel universitario.

Plano Ontológico, ¿cuál es la naturaleza de la realidad?; en virtud de que se concibe proyectar desde el conocimiento integral de los docentes de matemática, su conocimiento intrasubjetivo para generar posiciones, enfoques, procesos de aprender y enseñar matemática. En este sentido, se asumió una visión constructivista, porque el docente en su interacción intrasubjetiva construye modelos mentales y los ejecuta, tal como lo plantea Valles (1999): "... está basado en el conocimiento que nos ayuda mantener la vida cultural, nuestra comunicación y significado simbólico" (p. 56). El conocimiento referenciado por el autor citado es el que se conoce como conocimiento previo (CP) y conocimiento asimilado (CA).

Plano Teleológico, ¿cuáles son los propósitos de la investigación de los actores involucrados?; Desde esta perspectiva, la presente investigación se sumerge en las dimensiones internas de los actores sociales de la UNEY, enfatizando en la relación: sujeto ↔ objeto de estudio ↔ significado ↔ función ↔ contexto ↔ ambiente de aprendizaje, en virtud de que el aprendizaje teórico-práctico de la matemática (praxis educativa) se construye, destruye y reconstruye en el contexto real (acción) a través de conceptos, aseveraciones y conexiones, que pueden modificarse sobre la base de nuevas experiencias, por lo que la realidad social es construida-deconstruida de manera permanente en la cotidianidad.

Plano Axiológico, ¿cuál es el contexto ético de la investigación y del investigador?; desde este plano se respetó los valores de la investigación, del investigador, de los actores sociales de la UNEY y de los Expertos Temáticos, quienes aportaron en sus verbalizaciones lo cognitivo, metacognitivo, complejo y metacomplejo de sus acciones, impregnados de creencia, mitos, estereotipos, temores, miedos, lo cual determinó su forma de percepción, atención y memoria, tomando en cuenta el rol que realizan como sujetos cognoscientes, hacia la dinámica de los procesos mencionados que son objeto de estudio.

Plano Metodológico, ¿cómo el investigador abordó los conocimientos en relación a lo investigado?; para ello se utilizó metodología propia de la investigación cualitativa, donde el interés focal es el fenómeno y el noumenó referido a la metacomplejidad en el aprendizaje y la enseñanza de la matemática, con énfasis en la Derivada; la metodología responde al constructivismo social, cuya base es el interpretativismo; existen múltiples realidades construidas por los actores en su relación con la realidad social (mundo de vida), lo cual surge como una configuración de los significados que ellos les asignan. Por lo que se utilizó la fenomenología y como método la hermenéutica aplicada para la descripción de los textos clave y las verbalizaciones aportadas por los docentes y estudiantes de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY y de los aportes de los Expertos Temáticos.

El Método

El método de investigación es el Fenomenológico-Hermenéutico; entonces Van Manen (1990, p. 38) establece que la investigación fenomenológica "es el estudio de la experiencia vital, del mundo de la vida, de la cotidianidad". Por su

parte, para Melich (1994), la Fenomenología trata de “desvelar qué elementos resultan imprescindibles para que un proceso educativo pueda ser calificado como tal y qué relación se establece entre ellos” (p. 52).

Contexto, Escenario e Informantes Clave

El contexto de estudio es la UNEY, cuya sede principal se encuentra en la Zona Industrial Agustín Rivero, del Municipio Independencia del estado Yaracuy y el escenario es la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control, cuyo propósito es formar Técnicos Superiores Universitario (TSU) en Instrumentación y Control como salida intermedia (2 años), así como Ingeniero en Instrumentación y Control como salida terminal (2 años adicionales). En esta investigación se trabajó con los siguientes informantes clave: (a) Estudiantes de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY-Yaracuy; (b) Docentes que administran las asignaturas del Eje de Matemática del Plan de estudio de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY y (c) Experto Temático, representado por docentes de Matemática (Profesor o Licenciado), con Doctorado en Educación o Doctorado en Educación Matemática del IPMAR (Instituto Pedagógico de Maracay).

Muestreo Teórico, Saturación Teórica y Textos Clave

El muestreo teórico está relacionado de manera directa con los informantes (estudiantes, docentes y expertos temáticos), quienes aportaron en las verbalizaciones sus mundos significativos, referentes al aprendizaje y la enseñanza de la matemática con particularidad en las derivadas, a través de la entrevista a profundidad. Para identificar a los informantes se procedió a la codificación (axial selectiva), luego se realizó la comparación continua de incidentes (CCI), hasta lograr la saturación teórica y el muestreo teórico de los estudiantes y de los docentes.

En esta investigación los textos clave o unidades de análisis, estuvieron representados por los programas sinópticos de las asignaturas del eje de matemática de la carrera. El eje está constituido por las siguientes asignaturas: Matemática I, Matemática II, Probabilidad y Estadística y Algebra Lineal. A los programas sinópticos de cada una de estas asignaturas se aplicó para su descripción e interpretación (Proceso Hermenéutico), el formato F01: CPS-EMAT, cuyas siglas indican: Caracterización de los programas sinópticos del eje de matemática.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Como técnica se utilizó el Análisis de Contenido, a través de la identificación de claves de contexto: Institución, Documento, Trayecto, Unidades Crédito, Carga Horaria, Carrera, Ubicación, Saberes, Propósitos, Estrategias Cognitivas y Estrategias Metacognitivas. En relación con el segundo y el tercer propósito, se utilizó como técnica la entrevista semiestructurada. En esta investigación los instrumentos que permitieron colectar la información fueron: el formato F01: CPS-EMAT, el guión de preguntas directrices de la entrevista semiestructurada dirigida a los docentes, a los estudiantes y los Expertos Temáticos y la matriz categorial.

TEORÍA METACOMPLEJA PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE DERIVADAS A NIVEL UNIVERSITARIO EN CARRERAS DEL ÁREA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presentación

La teoría emergente se perfila como una herramienta didáctica, innovadora, para la enseñanza y el aprendizaje de las Derivadas, como objeto matemático, cuyo propósito es servir de hilo conductor en la búsqueda de soluciones para el aprendizaje de las Derivadas como objeto matemático a dos (2) problemas; uno inserto en el área de la Geometría, ya que se hace necesario buscar el punto donde la curva tiene una recta tangente y una recta normal. El segundo problema está inserto en el área de la Física, en virtud de que la velocidad instantánea es el límite de la velocidad media cuando Δt tiende a cero, es decir, la derivada del espacio respecto al tiempo. La aceleración es la derivada de la velocidad en función del tiempo.

En física, las derivadas se aplican en aquellos casos donde es necesario medir la rapidez con que se produce el cambio de una magnitud o situación (velocidad instantánea). Al trasladar estos procesos al campo de la Ingeniería Industrial, específicamente en el área de Instrumentación y Control, las Derivadas se aplican al diseño, calibración y control de procesos industriales tales como eléctricos, mecánicos, térmicos, de nivel y electrónico, así como a procesos biomédicos en cuanto al diseño, construcción y calibración de equipos de uso en la medicina humana, animal y vegetal. Todo ello en el marco de la resolución de problemas y de la modelización matemática, lo cual requiere de procesos cognitivos divergentes, complejos y metacomplejos. Obsérvese el Gráfico 3:

Teoría Metacompleja para la Enseñanza y el Aprendizaje de Derivadas como objeto matemático

LEYENDA: EC=estrategias cognitivas; EM=estrategias metacognitivas; ECO=estrategias complejas
EMC=estrategias metacomplejas TE=teoría emergente

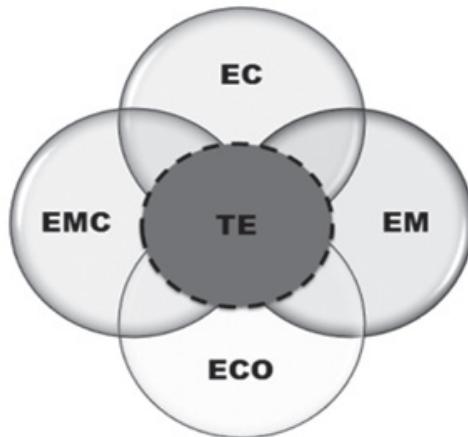


Gráfico 3. Teoría metacompleja para la enseñanza aprendizaje de Derivadas como objeto matemático. Fuente: Autor (2018).

Tal como se aprecia en el gráfico, estos procesos se imbrican en una relación de interconectividad e interacción de estrategias de enseñanza y de aprendizaje, las cuales son:

Cognitivas (EC); este plano aporta los procesos que se desarrollan en el cerebro del estudiante para el aprendizaje de la matemática y del docente para la conceptualización, esquematización y estructuración de la enseñanza: Observación/visualización, Conceptos, Análisis/Síntesis, Técnicas Mnemónicas, Comparación/Analogía, Clasificación, representación.

Metacognitivas (EM); este tipo de estrategia hace referencia a una serie de operaciones, actividades y funciones cognoscitivas, con mayor profundidad para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, lo cual aplica a la Derivada como objeto matemático: Resolución de Problemas, Modelaje Matemático, Análisis Focal, Comprobación de Variables.

Complejas (ECO); la contribución que generan estas estrategias están asociadas a la interacción e internalización de los elementos de la Derivada en el área

de la matemática y convertirlos en conocimiento reafirmado: Tejido de Contenido, Azar/Incertidumbre, Autoorganización, Articulación, Andamiaje, inferencia, deducción. Metacomplejas (EMC); su aporte conlleva a procesos de autorregulación de los aprendizajes con el uso de la deconstrucción, reflexión, crítica y construcción, permitiendo direccionar el conocimiento de manera consciente y autónoma, generando el conocer, aprender, reaprender y hacer, para construir nuevo aprendizaje de matemática (Derivada) con significado, en el ambiente de aula.

En tal sentido, la teoría Metacompleja para la Enseñanza y el Aprendizaje de Derivadas como objeto matemático, permite validar los conocimientos previos (CP) requeridos para el abordaje de las derivadas, lo cual conduce a que el docente reorienta su modelo de enseñar (objetivos, estrategias) y el estudiante reorganiza, destruye y reconstruye su aprendizaje previo respecto a las derivadas, para comprender, resolver y aplicarlas en la Ingeniería, la instrumentación y el control de procesos industriales y biomédicos en el campo laboral de desempeño.

Justificación

En este aparte se concretiza el propósito teleológico de la investigación, el cual está dirigido a generar una teoría emergente metacompleja, para enseñar y aprender Derivadas a nivel universitario en carreras del área de Ingeniería Industrial, entendida como una innovación en el contexto de la pedagogía y la didáctica de la matemática (cómo enseñar y qué enseñar); la antropología de la Didáctica de la Matemática y las situaciones didácticas de la enseñanza; por ello su justificación teórica. En cuanto a lo Axiológico, la teoría tiene plena justificación, ya que contempla los valores éticos, morales y espirituales requeridos para el aprendizaje de las Derivadas como objeto matemático; postura que debe prevalecer en los docentes del eje de Matemática de la carrera Ingeniería en Instrumentación y Control de la UNEY y se debe reafirmar en los estudiantes, a través de los actos valorativos para la enseñanza y el aprendizaje de las Derivadas a nivel universitario en el área de la Ingeniería Industrial.

De igual forma, contempla una justificación motivacional, porque propicia conductas de acercamiento hacia la enseñanza y el aprendizaje de Derivadas, energizando las condiciones intrínsecas: motivación, actitud, intencionalidad, dialogicidad, emoción, participación activa y logro, para desarrollar procesos metacomplejos de atención, retención, fijación, internalización, concientización, reflexión y memoria; indispensables para la enseñanza y el aprendizaje de la Derivada como objeto matemático.

Desde lo Ontológico, la teoría metacompleja para la enseñanza y el aprendizaje de la Derivada a nivel universitario, en áreas de la ingeniería industrial, toma en cuenta los estímulos del ambiente áulicos y del entorno educativo, ya que enseñar y aprender derivadas es un proceso cambiante, dinamizador, profundo, reorganizable y complejo, depende del interés tanto del docente como del estudiante, su actitud y su disposición hacia la matemática, por lo que la teoría

metacompleja que se presenta, pudiera servir de hilo conductor entre enseñar y aprender Derivadas, y proyectar este proceso en los ambientes de aprendizajes universitarios.

Fundamentación

En este transitar autorreflexivo, el investigador asume que la teoría metacompleja para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, con especial atención en la Derivada, está sustentada en los pilares de la educación del siglo XXI, “Conocer”, “Hacer”, “Convivir” y “Ser”, plasmados en el informe Delors (1997), en el contexto de la educación para toda la vida, en la Teoría de las Situaciones Didácticas de Rousseau (citado), la cual considera a la comunidad matemática como un núcleo amplio, que responde necesidades intrínsecas del desarrollo institucional de las matemáticas, su comprensión humana y la forma de comunicar dicha comprensión. Esta teoría enfatiza que el docente de matemática debe conocer los procesos de enseñanza y aprendizaje, en el contexto de la Psicología Educativa, La Sociología, La Historia de la Matemática, su pedagogía y epistemología.

De igual manera, la teoría metacompleja para la enseñanza y el aprendizaje de la Derivada, que emergió en esta investigación, se sustenta en la Teoría Antropológica de Didáctica de la Matemática de Chevallard (citado), donde se considera a la matemática como una actividad humana con principios orientados a la consolidación de la didáctica de los saberes científicos, lo cual usa el proceso cognitivo partiendo del concepto de transposición didáctica para la enseñanza, ya que en una comunidad matemática, la existencia de un objeto se da, sí y solo sí, al menos uno de sus miembros acepta que existe el objeto. En el contexto de esta teoría, el papel del docente es la elaboración de organizaciones matemáticas y el estudiante, es la reconstrucción de sus procesos de aprendizajes.

Componentes estructurales de la teoría emergente

La teoría emergente que se presenta se denomina Teoría Metacompleja para la enseñanza y el aprendizaje de Derivadas a nivel universitario en carreras del área de ingeniería industrial. Es un aporte pedagógico, planeado con el propósito de desarrollar competencias en el Docente de Matemática a nivel universitario, que le permita abordar la enseñanza de la Derivada. Así como al estudiante de Ingeniería, adquirir comportamientos acordes para abordar el aprendizaje de la matemática con especial atención a las Derivadas. Por tanto, incluye una postura teórica y una metodología para enseñar las Derivadas, a través de estrategias metacomplejas, considerando el contexto de aplicación del Ingeniero en Instrumentación y Control. Se incorporan las actividades para lograr el aprendizaje con significado. Estos elementos son Las Derivadas: Conceptualización, Uso y Aplicación; Interpretación Geométrica de las Derivadas como objeto matemático; Interpretación Física de las Derivadas como objeto matemático; Uso de las Derivadas en el campo de la Instrumentación y Control de Procesos Industriales y Biomédicos.

REFERENCIAS

- Brousseau, G. (1982). *Mathematique et didactique. Notas del Curso D.E.A de Didáctica de la Matemática*. IREM de Bordeaux.
- Chevallard, Y. (1992). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aigue.
- Delors, J. (1997). *La Educación encierra un tesoro. Informe Delors Santillana*. Madrid: Ediciones UNESCO.
- Freudenthal, J. (1983). *Didáctica de la Matemática*. Madrid: Editorial Gredos.
- González, F. (1996). *Acerca de la Metacognición*. Revista Paradigma. Maracay.
- González, J. (2009). *Bases de la Teoría Educativa Transcompleja: Un camino emergente de la Educación*. La Paz, III CAB.
- Graterol, S. (2016). *Dos Educadores Matemáticos y una Didáctica*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador- Instituto Pedagógico de Maracay, Maracay, Venezuela.
- Irazoqui, E. (2015). *El aprendizaje del Cálculo Diferencial: Una propuesta basada en la Modularización*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Salamanca, España.
- Manzano (2012). *La función comprometida de la Universidad*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España.
- Maturana, J. (1989). El conocer en Investigación. *Revista Iberoamericana de Educación*. ISSN 1981-5653 Universidad de Antioquia de México, México.
- Martínez, M. (2011). *El paradigma emergente*. México: Editorial Trillas.

Melich, J (1994). *Del extraño al cómplice. La educación en la vida cotidiana*. Barcelona: Anthropos.

Morín, E. (2005). *Epistemología de la complejidad*. Barcelona: Gedisa

Pino-Fan, L. (2013). *Evaluación de la Faceta epistémica del conocimiento didáctico-matemático de futuros profesores de bachillerato sobre la Derivada*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada. España.

Valles, A. (1999). *Inteligencia emocional en la empresa*. España: Editorial Gestión.

Van Manen, M. (1990). *Practicing phenomenological writing. Phenomenology + Pedagogy*, Vol. 2, (pp. 36-69) USA.

José Luis Yovera Yecerra: Licenciado en Ciencias Matemáticas, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA); Profesor de Matemáticas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto de Mejoramiento Profesional del Magisterio (UPEL-IMPM); Especialista en Procesos Didácticos del Nivel Básico, Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto de Mejoramiento Profesional del Magisterio (UPEL-IMPM); Doctor en Educación, Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto Pedagógico de Maracay (UPEL-IPMAR); Docente Instructor a Dedicación Exclusiva, Universidad Nacional Experimental del Yaracuy, adscrito al Programa Nacional de Formación (PNF) en Instrumentación y Control en las áreas: Matemáticas, Sistemas de Control y Proyecto, Coordinador del Programa Nacional de Formación en Instrumentación y control.

E-mail: jyovera@uney.edu.ve