

PROPUESTA DE ENSEÑANZA DEL CALCULO INTEGRAL BASADA EN EL
PENSAMIENTO COMPLEJO EN EDUCACION SUPERIOR

JEISSON RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA DOCENCIA–CEDEDUIS-
ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA
BUCARAMANGA
2019

PROPUESTA DE ENSEÑANZA DEL CALCULO INTEGRAL BASADA EN EL
PENSAMIENTO COMPLEJO EN EDUCACION SUPERIOR

JEISSON RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Monografía para optar al título de
Especialista En Docencia Universitaria

Directora

ADRIANA ROCIO LIZCANO DALLOS

Magister en Tecnologías de La Información Aplicadas a La Educación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA DOCENCIA-CEDEDUIS-
ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la sabiduría, sin él nada de esto sería posible.

A la virgen por siempre guiar el camino de mi vida.

A Ana María por ser mi compañera de viaje y de batalla.

A mis padres porque son el motor de mi vida.

A mis hermanas por el apoyo que me brindan.

A la profe Adriana por su tiempo y dedicación.

A Dios gracias...

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. CONTEXTO.....	13
1.1 GENERALIDADES SOBRE EL CURSO DE CÁLCULO INTEGRAL	13
1.2. PAPEL DEL DOCENTE MEDIADOR.....	15
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. ANTECEDENTES.....	21
5. DEFINICIONES OPERACIONALES	27
5.1. PENSAMIENTO COMPLEJO	27
5.2. EDUCACIÓN PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO	30
5.3. ESTRATEGIAS PARA EL APRENDIZAJE COMPLEJO.....	33
6. ANÁLISIS.....	38
6.1. FORMACIÓN INTEGRAL.....	38
6.2. COMPETENCIAS PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO	39
6.3. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO.....	42
7. PROPUESTA.....	50
7.1. DISEÑO PEDAGÓGICO DEL CURSO DE CALCULO INTEGRAL: DESARROLLO DE LA UNIDAD 1	50
7.2. LINEAMIENTOS DE LA EVALUACIÓN.....	69
8. CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFIA.....	78
ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Saberes necesarios para la educación del futuro	32
Tabla 2. Principales habilidades de pensamiento complejo	40
Tabla 3. Propósitos de estrategias de enseñanza – aprendizaje	44
Tabla 4. Diferencias entre los enfoques educativos tradicionales y el enfoque socioformativo	48
Tabla 5. Instrumentos de evaluación	70
Tabla 6. Rubrica de evaluación.....	71
Tabla 7. Lista de cotejo de Exposición.....	73
Tabla 8. Escala de apreciación actitudinal	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Problema de base sobre estimación con sumas finitas superior e inferiormente.....	83
Anexo B. Plantilla de resolución del problemas.	84
Anexo C. Problema de introducción a la suma de Riemann.	86
Anexo D. Problema sobre integrales.	87
Anexo E. Problema de integrales usando el teorema fundamental del cálculo.	88

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE ENSEÑANZA DEL CALCULO INTEGRAL BASADA EN EL PENSAMIENTO COMPLEJO EN EDUCACION SUPERIOR*

AUTOR: JEISSON RODRÍGUEZ RODRIGUEZ**

PALABRAS CLAVE: PENSAMIENTO COMPLEJO, MATEMÁTICAS, CÁLCULO INTEGRAL, ESTRATEGIAS, INTERDISCIPLINAR, TRANSDISCIPLINAR.

DESCRIPCIÓN: La discusión acerca de la necesidad de transformar las prácticas formativas en educación superior se ha tomado los escenarios académicos. En el área de matemáticas son numerosos los artículos que presentan experiencias de innovación docente, donde se constituyen ambientes de aprendizaje que relacionan la teoría con la realidad, incluyen la lúdica, la colaboración y las tecnologías. De igual manera, el desarrollo del pensamiento complejo en los estudiantes plantea la importancia de un conjunto de habilidades que les permita negociar con la realidad desde distintas perspectivas, con relaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias, para transformar el pensamiento reduccionista y unidimensional que prevalece en la actualidad.

El presente trabajo presenta una propuesta de enseñanza de una unidad del curso de cálculo integral en la carrera de matemáticas que hace uso de una estrategia de enseñanza y aprendizaje que desarrolla el pensamiento complejo en los estudiantes de educación superior, el aprendizaje basado en problemas. La secuencia didáctica diseñada involucra las etapas de: comprensión del problema, relación de los elementos del problema, propuesta del plan para la solución del problema, ejecución del plan de solución y desarrollo de actividad metacognitiva sobre el proceso seguido en la solución. Se aportan un conjunto de ejercicios a modo de ejemplo para la formulación de los problemas y finalmente se diseñan un conjunto de instrumentos que permiten valorar el trabajo colaborativo en la solución de problemas desarrollado por los estudiantes.

* Monografía de grado

** Universidad Industrial de Santander. Vicerrectoría Académica. Centro para el Desarrollo de la Docencia – CEDEDUIS. Directora: Adriana Rocío Lizcano Dallos, Magister en Tecnologías de la Información aplicadas a la Educación

ABSTRACT

TITLE: TEACHING PROPOSAL OF INTEGRAL CALCULUS BASED ON COMPLEX THINKING IN HIGHER EDUCATION*

AUTHOR: JEISSON RODRÍGUEZ RODRIGUEZ**

KEYWORDS: COMPLEX THINKING, MATHS, INTEGRAL CALCULUS, STRATEGIES, INTERDISCIPLINARY, TRANSDISCIPLINARY.

DESCRIPTION: The discussion about the need to change the teaching practices in higher education has taken the academic grounds. In mathematics area, there are many articles that show innovative teaching experiences. Those experiences promote learning environments that relate theory and reality, and involve didactics, collaboration and technology. In the same way, the complex thinking development in the students raises the importance of a set of skills. This set allows students to negotiate the learned content with the reality from different perspectives, with interdisciplinary and transdisciplinary relationships to transform the one-dimensional thinking that prevails now.

This work shows a teaching proposal of one unit of an integral calculus course that uses a teaching and learning strategy to develop complex thinking in higher education students, based on problem-solving. The designed didactic sequence involves the following steps: the state of the problem, problem's elements relationship, a proposal to solve the problem, the development of the proposal, and the implementation of metacognitive activities. This project gives a set of exercises as examples to formulate problems and design a set of instruments to value the collaborative work while students are developing skills to solve problems.

* Monograph grade

** Industrial University of Santander. Academic Vice. Center for the Development of Teaching – CEDEDUIS. Director: Adriana Rocío Lizcano Dallos, Master in Information Technologies applied to Education.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la educación debe transformar el aula de clase en espacios para generar conocimiento relacionado con la realidad del contexto actual, puesto que uno de los mayores problemas que aquejan a nuestro sistema educativo es el desligamiento de lo que se estudia en los salones de clase y las necesidades que presenta la sociedad.

Los egresados de las universidades colombianas cuando ejercen su quehacer profesional se enfrentan con situaciones que no pueden resolver porque no tienen las herramientas, dado que en el tiempo de formación no se prepararon para ello. En este marco de ideas el desarrollo de habilidades de pensamiento complejo le permitirá al estudiante mediar con lo real, con las necesidades del contexto y con las relaciones posibles.

Los profesionales de la educación tienen una gran responsabilidad en cambiar los elementos pedagógicos en el aula para convertirlos en espacios de reflexión y comprensión de los fenómenos presentes en la realidad. Es por esto que en el presente trabajo se estudia cómo abordar estrategias de enseñanza y aprendizaje que contribuyan al desarrollo del pensamiento complejo en los estudiantes, a través del diseño de una secuencia didáctica de una unidad del curso de cálculo integral en la carrera de matemáticas.

Para esto, en primer lugar se realiza la contextualización de la situación y se describe el problema con el propósito de definir la pregunta de investigación y los objetivos que orienta el desarrollo de la propuesta. En segundo lugar se revisan las investigaciones que involucra estrategias de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo del pensamiento complejo y se define los conceptos y teorías para los cuales se fundamenta la propuesta. Seguidamente, se realiza un análisis respectivo de los elementos involucrados para la elaboración de la propuesta

respondiendo al contexto y las necesidades descritas. Posteriormente se diseña una secuencia didáctica de una unidad del curso de cálculo integral para la carrera de matemáticas, la cual se basa fundamentalmente en la estrategia de enseñanza y aprendizaje basado en problemas para desarrollar el pensamiento complejo en los estudiantes de matemáticas. De igual forma, se involucra un plan de evaluación para la unidad con unos instrumentos para valorar el trabajo colaborativo en la solución de problemas desarrollado por los estudiantes. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en el análisis y en el diseño de la propuesta didáctica.

Este trabajo es un ejemplo de que las estrategias de enseñanza y aprendizaje que desarrollan el pensamiento complejo merecen una atención especial en todas las áreas del conocimiento puesto que el objetivo es formar profesionales preparados para enfrentar problemas de la sociedad, formar personas críticas y autónomas íntegramente.

1. CONTEXTO

En este apartado se mencionarán algunos aspectos importantes sobre el curso que se va a abordar y de igual forma se caracterizará el papel que debe cumplir el docente mediador en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en el área de la matemática.

1.1 GENERALIDADES SOBRE EL CURSO DE CÁLCULO INTEGRAL

Generalmente, el curso de cálculo integral está ubicado en el segundo o tercer semestre de la carrera de matemática de las universidades colombianas y la edad promedio de los estudiantes está entre 17-21 años de edad. Los educandos han pasado por una serie de cursos tales como fundamentos de matemáticas, cálculo diferencial, algebra lineal, entre otros. Estos estudiantes deben tener claro algunas nociones, conceptos y resultados importantes de estos cursos para poder comenzar a relacionar y construir un andamiaje de conocimiento que es la base para el desarrollo de toda la carrera de matemáticas. A este respecto, Hitt afirma que “La gran cantidad de tópicos están íntimamente relacionados en cálculo, y el manejo pobre de algunos de sus subconceptos, obstaculiza el desarrollo profundo de los conceptos propios del cálculo, como son, el concepto de función, de límite, de continuidad, de derivada y de integral”¹.

La revisión de planes de estudio en programas de matemática de algunas universidades* da como resultado que los objetivos de aprendizaje en este tipo de cursos son generalmente: el estudio de los conceptos de integración y series. Con

¹ HITT, Fernando. Dificultades en el aprendizaje del cálculo. [En línea]. Academia. Montreal. Université du Québec á Montréal. (Recuperado en 23 noviembre 2018.) Disponible en http://www.academia.edu/807014/Dificultades_en_el_aprendizaje_del_c%C3%A1lculo. p. 1.

* Universidad Industrial de Santander; Universidad del Valle y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

estos propósitos se espera que los estudiantes comprenden algunos principios básicos como: la definición de integral, el teorema fundamental del cálculo, evaluar integrales usando métodos tanto analíticos como numéricos, resolver problemas de aplicaciones de la integral y describir con series de potencias una función.

Aunque este curso por ser cálculo (como su nombre lo indica), tiene la percepción de que la finalidad del curso es aprender a calcular integrales, memorizar fórmulas y mecanismos repetitivos, por el contrario, en él se encuentran definiciones, teoremas y aplicaciones muy importantes que deben ser trabajados, analizados y comprendidos para poder cumplir a cabalidad con los objetivos del curso. El trabajo de calcular lo hace un computador, lo que no pueden hacer es abstraer, razonar, analizar e interpretar, es allí donde el estudiante debe jugar un papel fundamental en el proceso.

Sin embargo, cabe resaltar que existe un gran recurso de aprendizaje como el software didáctico. Estas herramientas tecnológicas son de gran ayuda para la comprensión de conceptos, problemas y resultados, como señala Hernández y Da Silva citando a Dall'Anese "los estudios relacionados con el uso de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, demuestran que la computadora es una herramienta que facilita la visualización del contenido abstracto aprendido en el aula. En este contexto, la tecnología se identifica como una herramienta promisorio para la discusión y el análisis de estos conceptos"².

² GOMES HERNANDES, Gisela y VICENTE DA SILVA Silmara Alexandra. La representación gráfica de la recta tangente con respecto a una función para un punto específico utilizando el *software* winplot: algunas soluciones incorrectas presentadas por los estudiantes. ResearchGate. San Nicolás de los garza: Universidad Autónoma de Nuevo León. 2008. (Recuperado en 6 noviembre 2018.) Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273002372_La_representacion_grafica_de_la_recta_tangente_con_respecto_a_una_funcion_para_un_punto_especifico_utilizando_el_software_winplot_alg_unas_soluciones_incorrectas_presentadas_por_los_estudiantes/download.

1.2. PAPEL DEL DOCENTE MEDIADOR

El profesional de la educación tiene una gran responsabilidad dentro del ámbito educativo, además de ser un transmisor de información, es una persona que busca formar a sus estudiantes íntegramente convirtiéndolos en estudiantes autónomos capaces de seguir llevando el proceso durante toda la vida.

Los docentes deben ser personas innovadoras, capacitados en generar espacios para construir nuevos saberes, transformar estudiantes activos y responsables de su propio aprendizaje. Esta tarea exige una visión de práctica reflexiva, de manera que sean capaces de reflexionar sobre su quehacer de manera crítica con el objetivo de detectar problemas y por ende, activar un plan de acción que renueve su práctica educativa. Corredor, Pérez y Arbeláez citan a Zabalza donde menciona “el objetivo de la docencia es lograr aprendizajes duraderos y significativos en los estudiantes, lo que implica esfuerzos por ofrecer experiencias que respondan a las motivaciones, los intereses y los estilos de aprendizaje de los estudiantes”³.

El profesional encargado de orientar clases de matemáticas debe ser una persona activa, un investigador tanto en la disciplina como en lo educativo, capaz de adaptarse a situaciones cambiantes del aula, generando situaciones en pro de desarrollar pensamiento lógico-matemático, siempre buscando relaciones con otras disciplinas del conocimiento, es decir, con una visión multidisciplinar y transdisciplinar. Como dice Aragon, “el reto en la actualidad de matemáticos y profesores en la enseñanza de esta ciencia es lograr que los alumnos desarrollen habilidades de pensamiento y el uso de herramientas que les permitan la resolución de los problemas en su vida cotidiana donde se apliquen modelos

³ CORREDOR MONTAGUT, Martha Vitalia, PÉREZ ANGULO, Martha Ilce y ARBELÁEZ LOPÉZ, Ruby. Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje. CEDEUIS. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2009. p. 59.

matemáticos, lo cual trae como consecuencia el lograr aprendizajes significativos”⁴.

En conclusión, el matemático debe afrontar los problemas de la enseñanza de la matemática desde lo didáctico, pedagógico y afectivo, para hacer del aula de clase un lugar de exploración y fascinación en donde se observe la predisposición de los estudiantes hacia el aprendizaje y se fortalezcan espacios para construir nuevos saberes. Herrera, Montenegro y Poveda señalan que, “los docentes de matemáticas deben preocuparse no solamente por dar a conocer a sus estudiantes los contenidos y procedimiento matemáticos estipulados en el plan de estudio para cada nivel educativo, sino que deben considerar los distintos factores afectivos y meta cognitivos presentes en sus educandos, con el propósito de disminuir en ellos las dificultades que se les presenten en el estudio de las matemáticas.”⁵

⁴ ARAGON CARAVEO, Eduardo. *et al.* Objetos de aprendizaje como recurso didáctico para la enseñanza de matemáticas. [Base de datos en línea]. Octubre 1 de 2009. Apertura: Revista de Innovación Educativa. (Recuperado en 1 febrero 2019.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/688/68820815008.pdf>. p. 4.

⁵ HERRERA VILLAMIZAR, Nancy Liliana; MONTENEGRO VELANDIA, Wilson y POVEDA JAIMES, Salvador. Revisión teórica sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. [Base de datos en línea]. N° 35, Febrero-Mayo de 2012. Revista virtual Universidad Católica del Norte. (Recuperado en 30 enero 2019.) Disponible en <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/361/676>. p. 261.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, una de las mayores dificultades en la educación superior es la creación de un pensamiento capaz de dar solución a los problemas que se presentan en la vida real, esto implica la transformación de un pensamiento reduccionista, simplificante y unidimensional de ver las cosas.

El universo está dado en términos de complejidad, la naturaleza está relacionada con el todo, por tanto en la educación superior se debe incorporar en sus programas de estudio algunas bases para el desarrollo de un pensamiento complejo. Cuellar y Rodríguez expresan que “la complejidad surge a partir del ser humano, desde el momento en el que trata de entender y explicar algún comportamiento impredecible pero implícito en la sociedad”⁶.

Pensar de un modo complejo significa afrontar problemas desde distintas perspectivas con una visión multidimensional, significa hacer relaciones entre diferentes áreas (interdisciplinariedad), pensar en todos los vínculos y establecer un mapa de relaciones en donde lo importante son las conexiones. Como dice Morin⁷, el objetivo es formar un pensamiento capaz de percibir, relacionar y negociar con la realidad del mundo.

Ahora, dentro de los principales problemas de enseñanza de la matemática se encuentra “ver la pertinencia de ciertos temas, su relación con la sociedad, su utilidad como objeto de enseñanza - aprendizaje”⁸, y de igual forma, “la falta de

⁶ CABRERA CUELLAR, Juan David y RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Jeisson. Sobre la modelación y simulación de sistemas complejos. Un estado del arte. Neiva-Huila: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Matemática Aplicada, 2017. p 4.

⁷ MORIN, Edgar. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa S. A., 1996. p. 22.

⁸ TREJOS, Javier. Experiencias sobre desarrollo del pensamiento complejo en cursos de matemáticas. [En línea]. San José. Universidad de Costa Rica. (Recuperado en 22 octubre 2018.) Disponible en <http://ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/Trejos-Matem%C3%A1tica->

habilidad para comprender un problema, así como el procedimiento a utilizar en la resolución de los mismos⁹. Cabe resaltar que en el área de matemáticas es común encontrar una estructura de enseñanza que parte de una definición, luego expresa un teorema con su respectiva demostración y posteriormente muestra ejemplos y desarrolla ejercicios, donde se privilegia la clase magistral.

Villamizar Morales¹⁰ plantea probables razones de reprobación, entre ellas están: deficiencia en los pre-saberes de los estudiantes, metodología empleada por el docente y la evaluación de la asignatura. Existe poca recursividad en la utilización de estrategias que contribuyan a interesar a los educandos en los temas matemáticos. Asimismo, el sistema evaluativo sigue siendo el tradicional, el que ha perdurado en nuestras universidades y que aún se utiliza (tres exámenes parciales). La evaluación del aprendizaje debe ser durante todo el proceso, de forma permanente y con un fin formativo.

Del mismo modo, Herrera, Montenegro y Poveda¹¹ en su trabajo sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, citan a varios autores en donde indican otros factores presentes en el aprendizaje matemático como situaciones didácticas inapropiadas, influencia en el dominio afectivo, enseñanza desligada de sus saberes previos, de la vida real del aprendiz y otras disciplinas. También, “la mayoría de los cursos de *cálculo I* se desarrollan de manera tradicional, es decir,

Experiencias%20sobre%20desarrollo%20del%20pensamiento%20complejo%20en%20cursos%20de%20matem%C3%A1tica.pdf. p. 1.

⁹ GÓMEZ CABANA, Alfredo. Estrategias de enseñanza-aprendizaje y pensamiento complejo en álgebra lineal: una experiencia de investigación-acción participativa. Tesis de Magíster en Matemáticas, mención en Docencia. Maracaibo: Universidad de Zulia. Facultad de Humanidades y Educación, 2006. p. 19-20.

¹⁰ VILLAMIZAR MORALES, Jorge. Propuesta de innovación educativa bajo los lineamientos del proyecto Innova Cesal para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Cálculo I. [En línea]. Red Innova Cesal. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2010. (Recuperado en 24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/70/archivos/PCC_CB_09_2010.pdf. p. 2-3.

¹¹ HERRERA, MONTENEGRO y POVEDA. Op. cit., p. 260.

sin ningún apoyo tecnológico más que el uso de software para presentar las gráficas de funciones¹².

En general, la evolución de los enfoques teóricos y la transdisciplinariedad debe ser el punto fuerte en las aulas, en especial, en dominios matemáticos, exige la generación de nuevas estrategias y objetivos que respondan a las problemáticas arriba mencionadas. Los contenidos curriculares se deben concebir en forma global e integrada con el propósito de incentivar en los estudiantes la creatividad, el razonamiento, el juicio crítico y la integralidad. La transformación en el proceso de enseñanza debe ir junto con la evolución en la evaluación del aprendizaje.

A partir de lo expuesto anteriormente se formula la siguiente pregunta:

¿Cómo abordar estrategias de enseñanza - aprendizaje que contribuyan al desarrollo del pensamiento complejo en el estudiante de la carrera de matemáticas?

¹² ARGUEDAS FLATTS, Yendry; COTO JIMÉNEZ, Marvin y TREJOS ZELAYA, Javier. Propuesta para la enseñanza del cálculo utilizando las TIC como recurso didáctico en el curso MA-1210. [En línea]. Red Innova Cesal. San José: Universidad de Costa Rica. 2010. (Recuperado en 24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/62/archivos/PCC_CB_01_2010.pdf. p. 2.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una secuencia didáctica desde el enfoque del pensamiento complejo para el curso de cálculo integral en la carrera de Matemáticas en educación superior.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar estrategias didácticas aplicadas en experiencias de cursos de matemáticas a través de la consulta de base de datos especializadas
- ✓ Plantear una estrategia de enseñanza – aprendizaje que fomente el desarrollo del pensamiento complejo en estudiantes de matemáticas
- ✓ Diseñar un plan de evaluación para la secuencia didáctica en el curso de cálculo integral que valore de forma permanente, con un interés formativo e integral, el desempeño del estudiante.

4. ANTECEDENTES

A continuación se mencionarán algunas investigaciones acerca de experiencias que se han implementado sobre la formación y el desarrollo del pensamiento complejo en cursos de educación superior. Para esto se realizó una búsqueda con las palabras claves de “matemáticas y pensamiento complejo”, con un límite de publicación entre los años 2006–2018. Los trabajos se encontraron en el buscador Google y en la página web del proyecto RED INNOVACESAL que es un conjunto de instituciones de educación superior que trabaja para la innovación de la docencia, la formación y actualización de docente universitarios.

Trejos¹³ en el año 2013 realizó una investigación titulada “Experiencias Sobre el Desarrollo del Pensamiento Complejo en Curso de Matemática” en donde se describen las actividades llevadas a cabo en dos cursos diferentes de Matemática, uno de Álgebra y Análisis y otro de Introducción a la Estadística Descriptiva para estudiantes de segundo y tercer año de la carrera de Enseñanza de la matemática de la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, con un número de estudiante de 12 y 15 respectivamente. El propósito fue reducir el tiempo de la clase magistral y de resolución de ejercicios para darle espacio a otras actividades importantes para la formación del quehacer profesional. La investigación tuvo como objetivo la ubicación de la materia en el entorno, el acercamiento con la realidad (utilidad) y el desarrollo de las competencias blandas de comunicación y síntesis. Para ello realizaron un estudio descriptivo de tipo cuantitativo y cualitativo en donde formalizaron una distribución de tiempo de clase en horarios de medias horas, convirtiendo las sesiones de 3 horas en 6 minis Sesiones, de tal manera que aparte del desarrollo de la estructura común del curso, se generaran espacios para nuevas actividades tales como revisión de prensa, uso del computador (Excel, R, Winstats, Word, látex, Power Point), lecturas de novelas y libros,

¹³ TREJOS. Op. cit., p. 159-174.

revisión de tesis, proyectos con datos reales, elaboración de videos, entre otros. Además, aplicaron un cuestionario para evaluar la percepción de los estudiantes sobre los cursos. En el método de evaluación usaron exámenes parciales que cumplen con un 50% de la nota y las actividades que tienen un valor del 50% para la nota final del curso.

Dentro de los resultados encontraron que más del 80% de los estudiantes de los cursos lo aprobaron, en el cuestionario de percepción hallaron que los estudiantes consideran que con un curso tradicional habrían aprendido menos, consideran que la revisión de prensa es útil al igual que el uso del computador, la resolución de ejercicios y la realización de proyectos. En cuanto al aspecto más importante para aprender, estuvieron divididos entre la exposición del profesor, el uso de un buen libro de texto, la resolución de ejercicios, la realización de proyectos, pero no así la aplicación de exámenes. Las conclusiones que arroja la investigación se enfocan en la posibilidad de desarrollar de manera planificada habilidades y capacidades en los estudiantes acercándose a su quehacer profesional, más allá que la simple acumulación de conocimientos teóricos.

De igual forma, el mismo autor¹⁴ en el año 2011 realiza otra investigación con nombre de “Fomento del Pensamiento Complejo para el Desarrollo de Competencias Profesionales en un Curso de Estadística Actuarial” en donde trabajan en el modelamiento de situaciones actuariales fomentando el pensamiento complejo para el desarrollo de ciertas competencias profesionales a lo largo del curso semestral. Los estudiantes son del cuarto año de la carrera de Ciencias Actuariales de la Universidad de Costa Rica. El objetivo de la investigación fue similar a la anterior, reducir el tiempo a la exposición de contenidos para darle espacio a actividades relacionadas con situaciones reales

¹⁴ TREJOS ZELAYA, Javier. Fomento del pensamiento complejo para el desarrollo de competencias profesionales en un curso de estadística actuarial. [En línea]. Red Innova Cesal. San José: Universidad de Costa Rica. 2011. (Recuperado en 24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/69/archivos/PCC_CB_08_2011.pdf.

(aplicabilidad) y con ello, fomentar la investigación en matemáticas. Para esto desarrollaron una serie de actividades conjuntas con el desarrollo normal del curso dentro de las que se destacan el uso de un software estadístico especializado, resolución de ejercicios, lecturas complementarias y revisión de prensa.

Dentro de los principales resultados encontraron que el abordaje del curso fue ameno e interesante para los estudiantes. Los testimonios de ellos fueron muy positivos, valorando la parte profesionalizante que tuvo el enfoque del curso. La actividad de revisión de prensa fue de gran valor y apreciada por los estudiantes. Encontraron que hay poca relación entre la profesión y las aspiraciones personales de los estudiantes.

En el año 2010, Arguedas Flatts, Coto Jiménez y Trejos Zelaya¹⁵ implantaron una propuesta llamada “Propuesta para la Enseñanza del Cálculo Utilizando las TIC como Recurso Didáctico en el Curso de Cálculo I” en donde describen la experiencia docente realizada en dos grupos de la cátedra de Cálculo I para las carreras de agronomía y salud de la Universidad de Costa Rica. Realizaron un abordaje metodológico de dos temáticas de cálculo I usando las TIC con el objetivo de orientar al estudiante a una comprensión de los conceptos de manera distinta a la que pueda enfrentarse en una clase tradicional.

En primera medida realizaron prueba diagnóstica, se ejecutaron los exámenes oficiales del curso y en cuanto a recursos virtuales, diseñaron actividades basadas en el software didáctico GeoGebra donde ilustraron ejemplos, conceptos y teoremas. De igual forma, usaron la plataforma educativa Moodle como medio que puso a disposición de los estudiantes durante horas extra clase, las aplicaciones utilizadas en las sesiones presenciales (cuestionarios, videos, actividades y complementos). La incorporación de la estrategia de enseñanza con el apoyo de las TIC les arrojó un balance positivo de acuerdo con la valoración de los

¹⁵ ARGUEDAS, COTO y TREJOS. Op. cit., p. 1-18.

profesores ya que observaron una mayor atención y motivación por parte de los estudiantes en las clases, por ende, hubo una buena participación y un mayor nivel de comprensión.

Gómez Cabana¹⁶ en el año 2006 realiza un trabajo de grado de maestría titulado “Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje y Pensamiento Complejo en Álgebra Lineal: Una Experiencia de Investigación-Acción Participativa” el cual tuvo como objetivo principal comprobar el efecto de estrategias de enseñanza aprendizaje pedagógicas para el desarrollo de procesos de pensamiento complejo, a través del estudio de los problemas algebraicos con el propósito de estimular en el estudiante la creatividad para la aplicación del Álgebra Lineal en la solución de los problemas de su entorno. La muestra estuvo conformada por 58 estudiantes del primer semestre de Ingeniería de la Universidad del Zulia en Venezuela.

La investigación fue de tipo cuali-cuantitativo o mixta, descriptivo explicativo. Se distribuyeron en 11 subgrupos para desarrollar estrategias tales como debates, lluvia de ideas, la pregunta, el error, aprendizaje basado en problemas y clase magistral. Dentro de los resultados del trabajo se subraya un aprendizaje significativo en los estudiantes ya que superaron las deficiencias en algebra lineal, respondieron adecuadamente a la solución de problemas algebraicos, buscaron nuevas soluciones por diferentes métodos y crearon nuevas situaciones. Además se resalta la participación activa de todos los grupos de trabajo en las actividades planteadas.

En el año 2011, Chavez Esquivel y Castillo Sánchez¹⁷ realizaron un trabajo de investigación denominado “Enseñanza de la Estadística y Pensamiento Complejo”

¹⁶ GÓMEZ CABANA. Op. Cit., p. 1-172.

¹⁷ CHAVES ESQUIVEL, Edwin y CASTILLO SÁNCHEZ, Mario. Enseñanza de la estadística y pensamiento complejo. [En línea]. Red Innova Cesal. Heredia. Universidad Nacional Costa Rica. 2011. (Recuperado en 25 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/64/archivos/PCC_CB_03_2011.pdf

donde plantearon una estrategia para abordar el proceso de enseñanza y aprendizaje de un curso de Probabilidad y Estadística para estudiantes de tercer nivel de la carrera de ingeniería en sistemas e informática educativa de la Universidad Nacional de Costa Rica. Para ello se propuso una metodología pedagógica en la cual el estudiante tuviera una fuerte participación en el proceso de aprendizaje y el docente sea un mediador. Esto con el objetivo de mejorar los índices de deserción y reprobación, al mismo tiempo favorecer el aprendizaje de los estudiantes.

El proceso de mediación pedagógica lo iniciaron con la proyección de una película sobre la estadística, su naturaleza y el rol de la variabilidad de los datos dentro de esta disciplina. Posterior a esto, dedicaron una sesión de dos lecciones para recolectar información utilizando diferentes técnicas. Combinaron la técnica de encuesta, la observación y la medición, para generar datos susceptibles a ser analizados desde un punto de vista estadístico. Para favorecer el aprendizaje de los conceptos relacionados con el resumen y análisis de la información, se plantearon problemas concretos y se dejaron lecturas. Para facilitar el proceso de presentación, resumen y análisis de información, impartieron una pequeña capacitación en el uso del software Microsoft Excel y SPSS.

Dentro de los resultados obtuvieron una buena aceptación por parte de los estudiantes ya que motivaron y sensibilizaron a los alumnos sobre la temática del curso, lograron que el estudiante interactuara de manera satisfactoria con distintos tipos de datos. La actividad de lectura y la herramienta tecnológica Excel y SPSS fue de gran ayuda y vital para apoyar los análisis de datos.

En el año 2011 presentan una investigación titulada “La Física, Un Campo Propicio para el Desarrollo del Pensamiento Complejo” de los autores Tovar y

Santos¹⁸ que consistió en la incorporación de elementos que pudieran favorecer el desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos. Tuvo como objetivo alcanzar el éxito en cuanto a los conocimientos incorporados por los alumnos, despertar el interés por el área de conocimiento y ejercitar competencias para la comunicación científica. Esto fue para estudiantes del curso de física moderna en las carreras de Biología, Física, Matemáticas y química de la Universidad Nacional de Cuyo en Argentina.

Los elementos que dieron lugar en la investigación fueron la resolución de problemas planteados en las clases, el análisis de trabajos de investigación actual publicado en una revista científica de circulación internacional cuya temática estuviera ligada a los contenidos básicos del curso, la indagación individual o en grupos pequeños acerca de alguna temática especial y la producción de un documento escrito sobre la temática. En los resultados encontraron que la gran mayoría de los alumnos presentó sus monografías de buen grado y de buena calidad, subrayan que el curso fue exitoso puesto que, además de que la gran mayoría de los alumnos inscriptos finalizó y aprobó el curso, el conocimiento adquirido fue muy significativo y el interés despertado por los estudiantes fue alto.

Por lo general, las investigaciones mencionadas anteriormente dan prueba de que la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo del pensamiento complejo arroja muy buenos resultados ya que van encaminadas al quehacer profesional, es decir, a la aplicabilidad en contextos de la vida real y a la comprensión y la solución de problemas, esto convierte al estudiante en un actor principal en la generación del conocimiento.

¹⁸ TOVAR, Manuel y SANTOS, Rubén. La física, un campo propicio para el desarrollo del pensamiento complejo. . [En línea]. Red Innova Cesal. Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. 2011. Recuperado en 28 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/68/archivos/PCC_CB_07_2011.pdf

5. DEFINICIONES OPERACIONALES

En este apartado se señalarán algunos conceptos y principios del pensamiento complejo que se usarán en el análisis, de igual manera se expresará el papel y los fundamentos que debe tomar la educación superior con el desarrollo de un pensamiento complejo en los estudiantes y como último se especificarán y se describirán las estrategias que fomentan el pensamiento complejo en el aula de clase.

5.1. PENSAMIENTO COMPLEJO

El conocimiento científico fue concebido como la disipación o el ocultamiento de la aparente complejidad de los fenómenos en el que se revela el orden simple al que obedecen, donde solamente vale lo que es claro y verificable tanto empírica como lógicamente y esto ha producido ceguera en la humanidad. Del mismo modo, Morín¹⁹ afirma que esta disyunción ha significado una privatización entre las ciencias, aislándolas de la reflexión y la riqueza que proporciona la relación entre sí mismas.

Ladino Velasquez²⁰ expresa que el pensamiento complejo ve los problemas desde diferentes contextos, decodificando sus variables pero siempre buscando el conjunto de soluciones desde un contexto específico sin perder el grado de relación entre ellas.

¹⁹ MORIN. Op. Cit., p. 30.

²⁰ LADINO VELASQUEZ, Ariel Yezid. El pensamiento complejo como herramienta para nuevas propuestas de diseño en objetos de uso. Tesis de Máster en Diseño. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Facultad de Diseño y Comunicación, 2008. p. 9.

Desarrollar un pensamiento complejo implica pensar en la experiencia humana sin necesidad de considerar límites en el saber, donde se transforma ese pensamiento simple y reduccionista de ver las cosas, ya que, como dice una frase célebre de Ludwig Wittgenstein “los límites de mi lenguaje son los límites de mi mundo”. Marcelo Pakman en la introducción del libro de Morín²¹ dice que el estudio de cualquier aspecto humano es multifacético y resalta que cuando intentamos entender la realidad en la que vivimos, es a nosotros mismos a quien descubrimos y es con nosotros mismo con quien contamos.

En el pensamiento complejo nunca se puede aislar un objeto de estudio de su contexto, ni mucho menos se puede ocultar, no se puede separar de su origen ni de sus antecedentes y no se puede dejar a un lado el sentido de incertidumbre. No se puede rechazar las cosas inexplicables según nuestra concepción, al contrario, debe ser el centro de nuestro interés. No es rechazar los métodos operantes del conocimiento si no darle la vuelta a la visión, es decir, utilizamos las mismas herramientas con diferentes posturas.

La complejidad se define como “un tejido (*complexus*: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Al mirar con más atención, la complejidad es, efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico”²²

En los seres humanos, el pensamiento funciona como un sistema que se auto-regula y se auto-organiza ya que hay una constante interacción ente complicación-confusión-desorden y orden-organización-incertidumbre, que forman un bucle y son complementarias entre sí. Gómez Cabana expresa que “desarrollar un pensamiento complejo implica: aprender a pensar, a reflexionar de manera

²¹ MORIN. Op. cit., p. 18.

²² *Ibíd.*, p. 32.

abierta, libre, indagando, descubriendo con actitud crítica, ética, estética y gnoseológica frente al mundo, al saber, a la sociedad y a sí mismo”²³

Desde otra perspectiva, Zabala y Arnau ²⁴ definen el pensamiento complejo como “forma de pensamiento basada en la capacidad para acercarse a la realidad, analizarla y resolver los problemas que ésta plantea a partir de una visión sistémica”.

Morin²⁵ plantea tres principios del pensamiento complejo, el primero es el dialógico que indica que dos lógicas por muy contrapuestas que sean, van hacer complementarias y necesarias, por ejemplo el orden y el desorden. El segundo es el recursivo que expresa que se debe romper con la linealidad de causa-efecto ya que la causa puede ser efecto y el efecto puede ser causa, los productos son productores y viceversa. El tercer principio es el hologramático en donde no se puede concebir el todo sin sus partes y recíprocamente, por tanto, las partes están en el todo y el todo está en las partes.

Por otro lado, Morin, Ciurana y Motta expresan que “un pensamiento complejo nunca es un pensamiento completo. No puede serlo. Porque es un pensamiento articulante y multidimensional. La ambición del pensamiento complejo es rendir cuenta de las articulaciones entre dominios disciplinarios fracturados por el pensamiento disgregador”²⁶.

²³ GÓMEZ CABANA. Op. Cit., p. 43.

²⁴ ZABALA, Antoni y ARNAU, Laia. 11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias. Barcelona. Editorial GRAÓ, 2007. P. 221. ISBN 978-84-7827-500-7.

²⁵ MORIN. Op. cit., p. 105-107.

²⁶ MORIN, Edgar; CIURANA, Emilio Roger y MOTTA, Raúl Domingo. Educar en la era planetaria. Barcelona: Gedisa S. A., 2002. ISBN 84-7432-835-7. p. 66-67.

5.2. EDUCACIÓN PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO

La propuesta del pensamiento complejo de Edgar Morin ha sido un factor determinante dentro de la evolución en el ámbito educativo y con ello, un replanteamiento en el enfoque de las áreas en la educación superior. Por lo tanto, hay una necesidad de “reformular el pensamiento y, al mismo tiempo, reformar las instituciones educativas, con el fin de promover una educación acorde con las necesidades de la sociedad contemporánea”²⁷

En el contexto actual, la educación debe girar en torno a la investigación en los procesos de enseñanza y aprendizaje con el propósito de mejorar y potenciar el aprendizaje de los educandos, por lo cual es un gran reto para los educadores cambiar el horizonte y el enfoque con el cual se asume el proceso.

“El enfoque de la complejidad, desde la perspectiva de la educación comprende una visión acerca del proceso de formación del conocimiento que parte de la eliminación de un conocimiento determinado y que determina, acrítico, objetivo, lineal y estructurado, para hacer emerger un conocimiento multidimensional, significativo, que interacciona con la realidad exterior, que se acerca a una realidad comprensiva de nociones antagónicas, que se encuentran para converger y encontrar el consenso dentro de la diversidad”²⁸

Motta²⁹ advierte que los prefijos “pluri” y “multi” se refieren a cantidades, mientras que los prefijos “inter” y “trans”, aluden a relaciones recíprocas, actividades de cooperación, interdependencia, intercambio e interpenetración y por lo tanto agrega que las actividades inter y transdisciplinar sugieren dinámicas interactivas

²⁷ BARBEROUSSE, Paulette. Fundamentos teóricos del pensamiento complejo de edgar morin. [Base de datos en línea]. Vol. XII, Núm 2, 2008. Revista electrónica Educare, 95-113. (Recuperado en 10 Noviembre 2018.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114586009.pdf>. p. 96.

²⁸ DE JESÚS, María Inés. *et al.* Re-pensando la Educación desde la Complejidad. [Base de datos en línea]. Vol. 6, Núm. 16, 2007. Polis: Revista Latinoamericana. (Recuperado en 6 febrero 2019.) Disponible en <https://journals.openedition.org/polis/4581#article-4581>. p. 10-11.

²⁹ MOTTA, Raúl. Complejidad, educación y transdisciplinariedad. [Base de datos en línea]. Vol. 1, Núm. 3, 2002. Polis: Revista de la Universidad Bolivariana. (Recuperado en 6 febrero 2019.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/305/30510313.pdf>

que tienen por consecuencia una transformación recíproca de las disciplinas relacionadas en un campo/sujeto/objeto/contexto determinado.

Barnett citado por Verdejo y Freixas expresa los tres niveles de aprendizaje en educación a nivel superior:

- La comprensión profunda, que a través de un trabajo activo, dialéctico y transaccional se apropia personalmente de los criterios de verdad del conocimiento y lleva a cabo un proceso de reflexión para entender la propia comprensión.
- El pensamiento crítico, que se desarrolla a través del cuestionamiento de los marcos de referencia internos y externos, que lleva a la formación de juicios propios, toma de postura y el reconocimiento de su carácter limitado, y que permite a los individuos la libertad para modificar las reglas y las formas de comunicación para crear las propias.
- La sabiduría, como forma de integración del conocimiento, reflexión y acción con base en una reflexión profunda de intercambio colectivo, de reconocimiento y crítica de los propios valores, que identifica alternativas de conocimiento y acción. Se exploran los fines y se explicitan los valores.³⁰

Como un nivel complementario, Verdejo y Freixas señalan el nivel de pensamiento a donde las universidades le deben apuntar:

“un pensamiento complejo que se refleja en la habilidad para reconocer nuevos problemas y encontrar soluciones creativas para resolverlos, y comprende el desarrollo de competencias profesionales que se definen como la capacidad de tomar decisiones con base en los conocimientos, habilidades y actitudes asociadas a la profesión para solucionar los problemas complejos que se presentan en el campo de su actividad profesional.”³¹

³⁰ VERDEJO, Pilar y FREIXAS, Rosario. Educación para el pensamiento complejo y competencias: Diseño de tareas y experiencias de aprendizaje. [En línea]. Red Innova Cesal. México. 2009. (Recuperado en 28 octubre 2018.) Disponible en <http://www.ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/Verdejo-Pensamiento%20complejo.pdf>. p. 3.

³¹ *Ibíd.*, p. 3.

Por otra parte, Tobón³² describe los siete saberes que según Morin son necesarios para la educación del futuro:

Tabla 1. Saberes necesarios para la educación del futuro

Nombre	Vacío en la educación tradicional	Saber construido desde el pensamiento complejo
1. Enseñanza del proceso de conocimiento y sus tendencias a la ilusión y al error	La educación no enseña ni posibilita los espacios y recursos apropiados para que las personas tomen conciencia de qué es el conocimiento, cómo se conoce, para qué se conoce y por qué se conoce	La educación requiere enseñar cómo se da el proceso de conocimiento desde una visión multidimensional, desarrollando en las personas la capacidad para buscar la lucidez tras las tendencias a la ilusión y al error. Para ello es necesario mediar la metacognición en el proceso de la formación humana integral.
2. Enseñanza del conocimiento pertinente	Fragmentación del conocimiento y descontextualización. Las instituciones educativas han estado aisladas del mundo de la vida y del trabajo.	Se requiere orientar la educación hacia el abordaje de los problemas del contexto personal, social, organizacional y ambiental, estableciendo la ubicación de cada área dentro del conjunto del plan formativo, para luego determinar los vínculos entre las diferentes áreas
3. Enseñanza de la condición humana	La enseñanza de la condición humana está dispersa entre disciplinas compartimentadas sin contacto entre si	La didáctica tiene como reto enseñar qué significa ser humano desde la integración de los saberes académico con los saberes personales y del contexto comunitario, estableciendo su tejido común
4. Enseñanza de la identidad terrenal	Se ha descuidado el destino planetario del género humano. No se enseñan las dinámicas interculturales	La educación tiene el reto de promover la comprensión del destino planetario del hombre, interrelacionando los procesos locales con los globales en los diferentes aspectos

³² TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. 2013. (4ta. Ed.). p. 42.

5. Enseñanza del proceso de incertidumbre	La educación ha enfatizado en el orden y las certezas, descuidando los procesos de incertidumbre	La educación tiene como tarea inaplazable formar en la comprensión de los procesos de incertidumbre y su afrontamiento mediante estrategias
6. Enseñanza del proceso de comprensión	La educación tradicional ha buscado la transmisión de información, descuidando la comprensión	La comprensión es medio y fin de la comunicación humana. Ella se da mediante la toma de contacto y vinculación con aquello que se espera comprender: el sí mismo, los demás y el entorno
7. Enseñanza de la antropológica	La enseñanza de la ética se ha dado tradicionalmente desde el campo de la moral como un conjunto de códigos	Es necesario enseñar la condición del sujeto en relación consigo mismo, la sociedad, la especie y el entorno ecológico

Fuente: TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. 2013. (4ta. Ed.)

5.3. ESTRATEGIAS PARA EL APRENDIZAJE COMPLEJO

Las estrategias para el aprendizaje son elementos fundamentales que el profesional de la educación debe saber aplicar para poder alcanzar los fines educativos, “la principal tarea es formar personas, ciudadanos y profesionales autónomos y comprometidos con el mejoramiento de su calidad de vida y la del entorno en el cual se desenvuelven”³³. Además, el docente tiene una tarea básica en su quehacer profesional que es el estudio y la reflexión permanente de su práctica docente, como de igual forma, su fundamentación pedagógica.

Según Verdejo y Freixas³⁴, las estrategias que más le apuntan al desarrollo del pensamiento complejo y ha tenido resultados favorables son: El aprendizaje

³³ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. Cit., p. 111.

³⁴ VERDEJO y FREIXAS. Op. cit., p. 12.

basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el método de casos. Por lo tanto, indican que la investigación educativa ha mostrado que la enseñanza con tareas de aprendizaje de la vida real favorece el desarrollo del pensamiento complejo, donde involucra habilidades de razonamiento, aplica conocimientos y activa la participación de los alumnos.

El uso correcto de estos métodos de enseñanza y aprendizaje hace que se produzca el logro de aprendizajes significativos y aporten al desarrollo de la formación integral, por lo cual es necesaria una cuidadosa preparación por parte del docente. “el interés estriba en fomentar el aprendizaje activo, aprender mediante la experiencia práctica y la reflexión, vincular el aprendizaje escolar a la vida real, desarrollar habilidades de pensamiento toma de decisiones, así como ofrecer la posibilidad de integrar el conocimiento procedente de distintas disciplinas”³⁵

5.3.1. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. En primer lugar, Corredor, Pérez y Arbeláez³⁶ definen un problema como una situación abierta que activa la estructura conceptual del estudiante para encontrar una solución, con ciertas características como: la solución implique el interés y motivación de los estudiantes, la metodología se formula por partes, exige el trabajo colaborativo, el problema debe estar acorde con el curso. Además, expresa que la solución de un problema exige la reestructuración conceptual, las relaciones entre variables, formulación de hipótesis, habilidades cognitivas, cognoscitivas, metacognitivas y creativas.

Estos autores citan a Pozo y Otros, en donde plantean un procedimiento para la resolución de problemas que comprende 5 etapas:

³⁵ Ibíd., p. 12.

³⁶ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. cit., p. 125-129.

1. Comprensión del problema
2. Relación de los elementos del problema
3. Propuesta de un plan para la solución del problema
4. Ejecutar el plan
5. Realización de actividad metacognitiva

De igual forma para ellos, las características fundamentales de la estrategia de resolución de problemas son: las situaciones problema se deben plantear a partir de situaciones del mundo real, estimula el trabajo colaborativo, la solución de problemas exige un nivel de desarrollo de facultades mentales, funciones cognitivas y metacognitivas, las situaciones problemas deben ser de tipo interdisciplinar. Resaltan que para que esta estrategia contribuya al logro de aprendizajes significativos es fundamental que cada situación problema involucre la construcción de conceptos.

Por otro lado, Verdejo y Freixas³⁷ define que el aprendizaje basado en problemas consiste en el planteamiento de una situación problema, donde la construcción, el análisis y su respectiva solución constituyen el foco de la experiencia, fomentando un aprendizaje activo, integrando el aprendizaje escolar con la vida real desde una mirada multidisciplinar. Consideran la importancia de plantear “buenos problemas” que estimulen la exploración y reflexión para la construcción del conocimiento. Subrayan que esta estrategia ayuda a desarrollar habilidades como: Enfrentar problemas, tomar decisiones, razonar crítica y creativamente, trabajar colaborativamente, resolver problemas de la vida real.

5.3.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS. El método de aprendizaje basado en proyectos para Corredor y Otros³⁸ se entiende como un trabajo planificado, organizado, integrado que tiene como objetivo el desarrollo de una

³⁷ VERDEJO y FREIXAS. Op. cit., p. 13.

³⁸ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. cit., p. 181-189.

serie de actividades enmarcadas en la vida real manteniendo el interés y la motivación de los estudiantes. Expresan unas características principales en el método: parte de las concepciones previas, contenido relevante de la realidad, integra actividades teóricas y prácticas, identifica dificultades y planes de mejora, es interdisciplinario y se estimula el trabajo colaborativo.

Corredor y Otros mencionan a Blanchard y Muzás donde describen varias fases para el proceso:

1. Planteamiento e identificación del problema
2. Definición y análisis de la tarea
3. Búsqueda de información
4. Diseño de soluciones posibles
5. Elaboración de solución planteada
6. Elaboración de la memoria
7. Evaluación de procesos y del trabajo realizado

Algunos de los propósitos del aprendizaje basado en proyectos se enfocan en motivar a los estudiantes, el desarrollo de competencias cognitivas, actitudinales y axiológicas, además de favorecer la relación entre teoría y práctica.

5.3.3. EL MÉTODO DE CASOS. El estudio de casos se realiza en contexto reales en donde se desarrollan habilidades de análisis, interpretación, comprensión, construcción de conclusiones y como punto final toma de decisiones. “en el estudio de casos el estudiante se enfrenta a un reto, un desafío, un problema, que debe ser comprendido, valorado y resuelto por el grupo mediante un dialogo abierto y argumentado” ³⁹

³⁹ Ibíd., p. 134-138.

Corredor y Otros, citan a Benito y Cruz y Otros, donde describen las características más relevantes para el método de casos: describen situaciones claras en un entorno real, debe motivar e interesar a los estudiantes por el tema, el tiempo para el análisis y toma de decisiones es limitado, no debe sugerir soluciones. Algunos propósitos que plantean son: fomentar el uso de técnicas para recolección de información, desarrollar facultades intelectuales, cognitivas y metacognitivas, desarrollar habilidades sociales, mejorar en capacidades de selección, organización, análisis y síntesis de información relevante. “el método de casos es un modo de enseñanza en el que los alumnos construyen su aprendizaje a partir del análisis y discusión de experiencias y situaciones de la vida real. En general, esta forma de trabajo busca dar a los estudiantes la oportunidad de relacionar los conocimientos teóricos del curso con ambientes de aplicación práctica”⁴⁰

En conclusión, la educación superior debe transformar sus prácticas educativas en escenarios donde se vincule el desarrollo de un pensamiento complejo, se creen ambientes propicios para la generación de nuevos saberes y se relacione la experiencia educativa con ámbitos reales en donde se logre comprender y resolver los problemas que demanda la sociedad en el diario vivir.

⁴⁰ VERDEJO y FREIXAS. Op. cit., p. 15.

6. ANÁLISIS

En esta sección se analizarán en primer lugar, la relación que tiene el desarrollo del pensamiento complejo con la formación integral de los estudiantes, seguidamente, las características de las competencias fundamentadas en las habilidades de pensamiento complejo y por último, los propósitos de las estrategias de enseñanza y aprendizaje que desarrollan el pensamiento complejo en los estudiantes en educación superior.

6.1. FORMACIÓN INTEGRAL

Los profesionales de la educación tienen una gran responsabilidad al momento de formar personas en alguna línea del conocimiento porque no es solamente enseñarles saberes disciplinarios, técnicas y procedimientos, si no también formarlos como personas íntegras e integrales para la sociedad. Aquí se resalta la diferencia entre educar y enseñar. Por enseñar se entiende “instruir, doctrinar, amaestrar con reglas o preceptos”⁴¹ y por educar “desarrollar o perfeccionar las facultades intelectuales y morales del niño o del joven por medio de preceptos, ejercicios, ejemplos”⁴². Por lo cual se plantea que los profesores no solamente enseñan si no que también educan personas.

El educador, además de potencializar la capacidad intelectual de los estudiantes, debe desarrollar otras dimensiones constitutivas del ser humano en su proceso de formación, tales como: moral, afectiva, sexual, estética, física, psíquica, trascendente y socio-cultural. Por lo tanto, Tobón plantea la importancia de “integrar en todos los espacios de formación y evaluación el proyecto ético de vida

⁴¹ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Asociación de Academias de la Lengua Española. [En línea]. (Recuperado en 14 febrero 2019.) Disponible en <https://dle.rae.es/?w=>

⁴² *Ibíd.*, p. 1.

como la esencia de la formación integral desde el pensamiento complejo, para que las personas estén en condiciones de afrontar los retos de la realización personal en interacción dinámica con el tejido social, el desarrollo socioeconómico, la cultura, el arte, la recreación y el ambiente”⁴³.

De igual forma, Morin citado por Tobón⁴⁴, expresa que el pensamiento complejo asume el conocimiento como un proceso biológico, cerebral, espiritual, lógico, lingüístico, cultural, social e histórico, relacionando la vida humana con lo social. Por ende, la propuesta del presente trabajo que propende por el desarrollo del pensamiento complejo en educación superior involucra la formación integral como componente principal de los seres humanos, “es necesario establecer en la enseñanza de las matemáticas, no solo las estrategias didácticas para transmitir el conocimiento, sino una formación integral que contribuya a transformar vidas”⁴⁵

6.2. COMPETENCIAS PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO

Hoy en día, las instituciones educativas apuntan hacia una educación basada en competencias ya que permite abordar la formación humana de una manera integral. La definición de competencia trasciende de un autor a otro pero siempre direccionado hacia un mismo objetivo. Zabala y Arnau⁴⁶ la definen como la capacidad o habilidad de efectuar tareas o hacer frente a situaciones diversas de forma eficaz en un contexto determinado, para ello es necesario movilizar actitudes, habilidades y conocimientos al mismo tiempo y de forma interrelacionada. Esto implica el desarrollo de un pensamiento complejo y para ello, se necesita orientación a la formación basada en problemas, la formación basada en proyectos y el método de casos porque se diseña una enseñanza con

⁴³ TOBÓN. Op. Cit., p. 10.

⁴⁴ *Ibíd.*, p. 30.

⁴⁵ HERRERA, MONTENEGRO y POVEDA. Op. cit., p. 277.

⁴⁶ ZABALA y ARNAU. Op. cit., p. 43-44.

base en experiencias y situaciones de contextos reales los cuales son el medio ideal para la formación del ser humano íntegramente. Zabala y Arnau⁴⁷ expresan que uno de los componente esenciales de la enseñanza por competencias es el de enseñar a leer situaciones o problemas cercanas al contexto y realidad del estudiante desde el pensamiento complejo.

Actualmente, las competencias siempre se van a relacionar con complejidad porque además del conocimiento disciplinar, se necesitarán de habilidades para asumir la aplicación del conocimiento y la resolución de problemas y situaciones de forma global, es decir, estableciendo relaciones con otras disciplinas y con su contexto evitando el reduccionismo. Según Tobón⁴⁸ para que los estudiantes desarrollen competencias de resolución de situaciones de la vida real con idoneidad y compromiso ético, es necesario que éstos desarrollen y apliquen las diferentes habilidades del pensamiento complejo. A continuación se describen las principales habilidades que la educación debe desarrollar:

Tabla 2. Principales habilidades de pensamiento complejo

Habilidad	Descripción	Ejemplos
Habilidad metacognitiva	Consiste en reflexionar sobre la propia actuación ante actividades y problemas, y mejorar la actuación a partir de dicha reflexión. Es una habilidad fundamental en toda competencia.	Un estudiante que reflexiona sobre las causas de su bajo desempeño en el estudio y mejora a partir de ello mediante acciones concretas, como por ejemplo más atención en clase, repaso de notas, elaboración de mapas con síntesis del conocimiento.

⁴⁷ Ibíd., p. 127.

⁴⁸ TOBÓN. Op. cit., p. 32-34.

<p>Habilidad dialógica</p>	<p>Consiste en buscar complementar las ideas, enfoques, teorías, metodologías y puntos de vista diferentes u opuestos para actuar de forma más integral, crear e innovar.</p>	<p>Un profesional de ciencias sociales que ante el problema de la violencia busca múltiples estrategias para afrontarlo y luego articula dichas estrategias entre sí buscando que se complementen, para generar un mayor impacto.</p>
<p>Habilidad de metanoia</p>	<p>Es abordar los objetos, los procesos y las acciones en la realidad desde dos o más perspectivas diferentes, para tener mayor impacto en lo que se busca, así como también para crear e innovar. Esto posibilita, además, que las actuaciones sean flexibles.</p>	<p>Un docente que ante la necesidad de mejorar su asignatura de matemáticas busca cómo favorecer el aprendizaje indagando nuevas estrategias tales como el aprendizaje basado en problemas, el método del aprendizaje experiencial de Kolb y el trabajo con mapas (García Fraile y Tobón, 2009), a partir de las cuales desarrolla una ruta formativa innovadora.</p>
<p>Habilidad hologramática</p>	<p>Consiste en buscar que cada cosa que se realice tenga como tal la estructura del todo del cual hace parte. En este sentido, cuando se aplica esta habilidad, cada parte contiene dentro de sí la estructura del todo que la contiene.</p>	<p>Esta habilidad se ejemplifica cuando un docente en su asignatura (PARTE) tiene en cuenta el modelo educativo institucional (TODO).</p>
<p>Habilidad de autoorganización</p>	<p>Es construir procesos buscando que tengan una estructura fuerte que posibilite su evolución y mejoramiento continuo, en el marco de relaciones cambiantes con el entorno</p>	<p>Por ejemplo, un empresario que crea una empresa con una sólida dirección estratégica, la cual hace que la empresa esté en continuo crecimiento, evolución y mejora, a través de relaciones cambiantes con otras empresas y la sociedad, asumiendo nuevos requerimientos del contexto, y llegando a nuevos escenarios (por ejemplo, la internacionalización). En este sentido, la empresa se organiza desde un elemento autónomo: su dirección estratégica, la cual es clave en su evolución y mejora continua.</p>

Fuente: TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. 2013. (4ta. Ed.)

Dentro de este marco, los objetivos de la formación en el desarrollo de pensamiento complejo se orientan a que el estudiante logre un pensamiento propio y crítico, una formación integral, un aprender a aprender, un conocimiento profundo, un pensamiento transdisciplinar e interdisciplinar, habilidades de creatividad, innovación, análisis y síntesis, capacidad en la comprensión e interpretación de problemas, destrezas en la toma de decisiones y en procesos de autorregulación.

Todas estas razones hacen que la propuesta que presenta este trabajo en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática tenga sentido y por ende, contribuya en la transformación de seres humanos que posean un pensamiento complejo en la educación superior. Tobón y Agudelo citado por Tobón subraya que “el pensamiento complejo debe ser un tema especial por trabajar dentro de un currículo y las diversas asignaturas en un programa de formación”⁴⁹.

6.3. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE PARA EL PENSAMIENTO COMPLEJO

Tradicionalmente la enseñanza de la matemática ha presentado una serie de problemas y dificultades que privan y niegan un aprendizaje significativo en los estudiantes. Recientemente la investigación educativa ha hecho frente a estos obstáculos en la búsqueda de una posible solución. Al respecto, algunos autores mencionan ciertos problemas y factores: Trejos⁵⁰ resalta la pertinencia de ciertos

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 294.

⁵⁰ TREJOS. *Op. cit.*, p. 159.

temas, la poca interacción con el entorno y su utilidad como objeto de enseñanza – aprendizaje. Gómez Cabana⁵¹ identifica la poca habilidad de los estudiantes para comprender y resolver problemas. Herrera, Montenegro y Poveda⁵² describe la presencia de situaciones didácticas inapropiadas, la influencia en el dominio afectivo, la enseñanza desligada de sus saberes previos, de la vida real del aprendiz y de otras disciplinas.

Ante lo anterior, las investigaciones mencionadas en los antecedentes han tratado de darle solución a estos problemas utilizando ciertas estrategias de enseñanza, métodos y actividades de aprendizaje para desarrollar pensamiento complejo, tales como: clase magistral apoyada de TIC, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, actividades apoyadas en TIC, lectura y escritura de textos, la lúdica y lluvia de ideas.

Antes de entrar en consideración con uno de los interés del presente trabajo que es plantear una estrategia de enseñanza y aprendizaje que fomente el desarrollo del pensamiento complejo, se señala que para Verdejo y Freixas⁵³ las estrategias de enseñanza que fomentan y desarrollan el pensamiento complejo en los estudiantes son: el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el método de casos. A este respecto, cabe destacar los fines educativos que tienen estas estrategias según Corredor, Pérez y Arbeláez⁵⁴ :

⁵¹ GÓMEZ CABANA. Op. cit., p. 19-20.

⁵² HERRERA, MONTENEGRO y POVEDA. Op. cit., p. 260.

⁵³ VERDEJO y FREIXAS. Op. cit., p. 12.

⁵⁴ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. cit., p. 130-134, 138,185.

Tabla 3. Propósitos de estrategias de enseñanza – aprendizaje

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS	APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS	APRENDIZAJE BASADO EN ESTUDIO DE CASOS
<ul style="list-style-type: none"> * formar aprendices autónomos * desarrollar competencias procedimentales, actitudinales y axiológicas * dinamizar procesos colaborativos * motivar y permitir el acercamiento de problemas del entorno * promover el desarrollo cognitivo y metacognitivo * conexiones entre conocimientos previos y nuevas situaciones * construcción de conceptos y autorregulación en el proceso de solución * emplear facultades mentales y funciones cognitivas * habilidades para la resolución de problemas de forma lógica 	<ul style="list-style-type: none"> * motivación para los estudiantes * desarrollo de funciones cognitivas, metacognitivas, actitudinales y axiológicas * favorecer la relación entre teoría y práctica * desarrollar habilidades para la solución de problemas de la vida real * vincular los problemas de la vida real con los intereses de los estudiantes * preparar a los estudiantes para un mundo laboral * favorecer el aumento de la autoestima 	<ul style="list-style-type: none"> * Recopilación de datos detallados y esenciales * el uso de diversas técnicas para la recolección de información * mejorar en capacidades de selección, organización, análisis y síntesis de información * motivación en temas novedosos y situaciones reales * favorece la comprensión de fundamentos teóricos * desarrolla facultades intelectuales, funciones cognitivas y metacognitivas * desarrolla competencias actitudinales y axiológicas * desarrolla habilidades sociales para el trabajo colaborativo

Lo anteriormente expuesto muestra en general que las tres estrategias buscan motivar a los estudiantes, acercarlos a situaciones del entorno favoreciendo la relación entre teoría y práctica, desarrollar habilidades para el trabajo colaborativo, desarrollar funciones cognitivas, metacognitivas, procedimentales, actitudinales y axiológicas. Sin embargo, las estrategias más utilizadas en la enseñanza de la matemática son el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos.

A este respecto, las investigaciones en enseñanza de la matemática han tenido unos buenos resultados en cuanto a la utilización de estas dos estrategias, como por ejemplo en Trejos Zelaya⁵⁵ los resultados del estudio mostraron que el curso fue ameno e interesante para los estudiantes. Los testimonios fueron muy positivos y valoraron la parte profesionalizante que tuvo el enfoque del curso ya que sostienen que la estrategia metodológica no debe enfocarse únicamente en el desarrollo teórico de los conceptos particulares, sino en la construcción del conocimiento a partir de problemas que se le han planteado y permiten atender situaciones de su propio contexto. De igual forma, en el estudio de Tovar y Santos⁵⁶ fueron muy significativos ya que la gran mayoría de sus alumnos presentó sus monografías de muy buen grado, subrayan que el conocimiento adquirido con este mecanismo pudo ser medido durante el examen final y que despertó en el estudiante un alto interés en el curso.

En consecuencia, en el presente trabajo se planteará la estrategia basada en problemas como la columna vertebral de la secuencia didáctica ya que todavía prevalece el problema para comprender y resolver situaciones reales en el quehacer profesional como matemático y los resultados en investigación educativa han arrojado aprendizajes muy significativos en los estudiantes. Del mismo modo, ésta estrategia se hace necesaria y fundamental en la formación de matemáticos,

⁵⁵ TREJOS ZELAYA. Op. cit., p. 15.

⁵⁶ TOVAR y SANTOS. Op. cit., p. 4.

ya que en ella se construyen conceptos, se desarrollan habilidades para la resolución de problemas de forma lógica y se establecen conexiones entre saberes previos y nuevas situaciones tanto teóricas como reales. Además la resolución de problemas propicia el aprendizaje colaborativo, algo que en el área de matemáticas es muy necesario ya que no se promueve un trabajo en equipo. Corredor, Pérez y Arbeláez expresan que “la resolución de problemas mediante equipos de trabajo colaborativo, pues le permitirá sumar fortalezas para hacer frentes al problema, identificar y llenar vacíos conceptuales, proponer y desarrollar estrategias diversas y viables”⁵⁷

Por otro lado, el objetivo del presente trabajo es consolidar esta estrategia con fundamentos de pensamiento complejo. En este sentido, se retoma el pensamiento complejo como se planteó anteriormente:

“un pensamiento complejo que se refleja en la habilidad para reconocer nuevos problemas y encontrar soluciones creativas para resolverlos, y comprende el desarrollo de competencias profesionales que se definen como la capacidad de tomar decisiones con base en los conocimientos, habilidades y actitudes asociadas a la profesión para solucionar los problemas complejos que se presentan en el campo de su actividad profesional.”⁵⁸

Como se puede inferir, el pensamiento complejo trabaja con problemas, sin perder el grado de relación que existe con el entorno, estableciendo un mapa de relaciones en donde lo que importa son las conexiones, con perspectiva interdisciplinar y transdisciplinar siempre en la búsqueda desde un contexto específico (sin despreciar relaciones) de un espacio de probabilidades y de posibilidades para aproximar la mejor solución a un problema. Por lo tanto, la complejidad no se ve, la complejidad se construye.

⁵⁷ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. cit., p. 129.

⁵⁸ VERDEJO y FREIXAS. Op. cit., p. 3.

“La educación, desde la perspectiva del pensamiento complejo, supone una práctica educativa sensible a los procesos de construcción del conocimiento, capaz de integrar distintas disciplinas, incluso de campos tradicionalmente alejados, como las ciencias sociales y las ciencias naturales con las humanidades, cuyo eje sea enseñar a investigar a fin de promover un pensamiento autónomo, que permita la generación de ciudadanos capaces de interactuar con su entorno y transformarlo, atendiendo a sus problemáticas de manera competente y generando soluciones auténticas”⁵⁹

En este sentido, la finalidad de desarrollar pensamiento complejo en la educación superior consiste en buscar la formación de personas con habilidades para aprender a pensar, analizar, interpretar, reflexionar de manera abierta, sin crear límites en el saber, asumiendo con actitud crítica los sucesos del mundo teniendo claro que el mundo no se puede ordenar completamente, que son conjuntos parcialmente ordenados. Tobón citando a Gómez expresa que la estrategia de enseñanza y aprendizaje basada en problemas:

“Se revela como la más fecunda para una educación para el desarrollo de las competencias, no sólo porque involucra y deslinda la diversidad de problemáticas (...) sino porque en su ‘núcleo fuerte’ asume la cognición humana como una construcción y una práctica social, relacionada con la forma como nosotros actuamos y nos relacionamos en el mundo según las representaciones, estrategias y habilidades que tenemos en un momento dado.”⁶⁰

Del mismo modo cabe resaltar que la transformación en la valoración de las asignaturas debe ir acorde con la evolución en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En matemáticas, en especial todavía prevalece la manera tradicional, donde se evalúa de forma cuantitativa, con la aplicación exclusiva de exámenes de conocimiento. En las investigaciones de Trejos Zelaya⁶¹ y Arguedas, Coto y Trejos⁶² ponen de manifiesto que para mejorar en procesos de aprendizaje de los estudiantes, hay que hacer un cambio en la evaluación ya que se ha usado el

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 5.

⁶⁰ TOBÓN. *Op. cit.*, p. 100-101.

⁶¹ TREJOS ZELAYA. *Op. cit.*, p. 2.

⁶² ARGUEDAS, COTO y TREJOS. *Op. cit.*, p. 2.

esquema tradicional de tres exámenes parciales, que dificulta valorar el desempeño que el estudiante va logrando en el proceso.

Tobón⁶³ dentro de las diferencias entre los enfoques formativos tradicionales y el enfoque socioformativo presenta la evaluación:

Tabla 4. Diferencias entre los enfoques educativos tradicionales y el enfoque socioformativo

características	Enfoques formativos tradicionales	Enfoque socioformativo
Evaluación	La evaluación se concibe como un procedimiento para determinar los avances de los estudiantes en la obtención de los conocimientos establecidos en el currículo. Se privilegia la heteroevaluación. Las técnicas de evaluación priorizan en los exámenes de conocimientos mediante pruebas escritas y objetivas.	Se trabaja mediante la valoración, la cual está enfocada en promover la formación humana. Se enfatiza en la autovaloración de las competencias desde la metacognición. Esto se complementa con la covaloración (realizada por pares) y la heterovaloración (realizada por el docente mediador y/o representantes del contexto). Se valora tanto el saber ser como el saber conocer y el saber hacer dentro del ámbito cualitativo y cuantitativo.

Fuente: Extraído de TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. 2013. (4ta. Ed.)

La evaluación debe trascender en sus métodos de valoración ya que se debe realizar durante todo el proceso de aprendizaje de los estudiantes, haciéndolos partícipes dentro de éste, para que además de haber una regulación por parte del

⁶³ TOBÓN. Op. cit., p. 26-27.

docente, haya una autorregulación por parte del estudiante. Tobón, expresa que “se propone desde la socioformación el concepto de valoración para resaltar el carácter apreciativo de la evaluación y enfatizar en que es ante todo un proceso de reconocimiento de lo que las personas aprenden y ponen en acción-actuación en un contexto social, asumiéndose el error como una oportunidad de mejora y de crecimiento personal”⁶⁴.

Lo más importante del proceso de valoración es que debe ser de tipo formativo ya que la realimentación es esencial para que los estudiantes comprendan, mejoren y llenen brechas de conocimiento, convirtiéndola en un instrumento de enseñanza y aprendizaje. Según López Arbeláez⁶⁵ para que la evaluación cumpla con propósitos significativos, debe tener características como: comunicativa, concertada, de calidad, democrática, económica, equitativa, formativa, mediada, pertinente y procesual. Asimismo, la evaluación debe ser realizada por todos los actores involucrados en el proceso, es decir debe haber heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación. Por otro lado, además de servir para acreditar la calidad de los logros del aprendizaje, sirve para dinamizar y mejorar el proceso educativo; por lo cual se debe involucrar la evaluación diagnóstica, la evaluación formativa y la evaluación sumativa.

González citado por Herrera, Montenegro y Poveda⁶⁶ expresa que evaluar matemáticas es más que medir cuánta información posee el alumno, implica evaluar la capacidad para utilizar, aplicar y comunicar ese conocimiento, también debe valorar la disposición del alumno hacia la matemática, el reconocimiento de su importancia y utilidad. Por consiguiente, en el presente trabajo se diseñará un plan de evaluación para la secuencia didáctica que sea permanente, formativa e integral.

⁶⁴ *Ibíd.*, p. 321.

⁶⁵ LÓPEZ ARBELÁEZ, Ruby. Evaluación del aprendizaje en la educación superior. CEDEUIS. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2010. p. 54-58;103-127. ISBN 978-958-44-6799-7

⁶⁶ HERRERA; MONTENEGRO y POVEDA. Op. cit., p. 272

7. PROPUESTA

7.1. DISEÑO PEDAGÓGICO DEL CURSO DE CALCULO INTEGRAL: DESARROLLO DE LA UNIDAD 1

En este apartado se presentará la propuesta de una secuencia didáctica de una unidad del curso de cálculo integral. La estructura de esta secuencia está basada en la estrategia de enseñanza y aprendizaje basada en problemas con el objetivo de desarrollar en los estudiantes un pensamiento complejo. La organización de las actividades presentadas tiene como base el procedimiento de resolución de problemas expuesto en Corredor, Pérez y Arbeláez⁶⁷ citando a Pozo y Otros, el cual comprende las siguientes etapas:

1. Comprensión del problema
2. Relacionar los elementos del problema
3. Proponer plan para la solución del problema
4. Ejecutar el plan de solución
5. Realizar actividad metacognitiva sobre el proceso seguido en la solución

De igual forma, la resolución de problemas se hace mediante equipos de trabajo colaborativo donde se intercalan procesos colaborativos en grupo, colaborativos en colectivos de clase e individuales. Además, cada situación problemática planteada involucra la construcción de conceptos y cada concepto se trabaja en más de una situación.

Por otro lado, se involucra un plan de evaluación para la unidad para que la propuesta de la secuencia didáctica sea completa e integral. Para esto, se tiene como base las características y los tipos de evaluación expresados en López Arbeláez⁶⁸.

⁶⁷ CORREDOR, PÉREZ y ARBELÁEZ. Op. cit., p. 127-128.

⁶⁸ LÓPEZ ARBELÁEZ. Op. cit., p. 54-58; 104-127.

DATOS GENERALES	
Programa académico/Carrera	Matemáticas
Asignatura	Calculo Integral
Competencias de la asignatura	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconoce el concepto de integral definida como el área bajo una curva. ✓ Identifica la relación entre cálculo diferencial y cálculo integral bajo el teorema fundamental del cálculo. ✓ Resuelve problemas reales de aplicación en diferentes áreas como la física e ingeniería. ✓ Interpreta correctamente los diferentes métodos de integración para resolver una integral. ✓ Describe en series de potencia una función mediante el teorema de Taylor. ✓ Desarrolla pensamiento lógico matemático a partir de la resolución de problemas. ✓ Participa en actividades colaborativas mostrando valores de tolerancia hacia la diversidad de pensamiento, el reconocimiento y la comunicación asertiva con el otro. 	
Unidades de Contenido	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La integral 2. Aplicaciones de la integral definida 3. Métodos de integración e integrales impropias 4. Sucesiones y series 	
UNIDAD 1	
Título de la unidad temática	
La integral	
Competencia(s) a desarrollar	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconoce el concepto de integral definida como el área bajo una curva ✓ Identifica la relación entre cálculo diferencial y cálculo integral bajo el teorema fundamental del cálculo. ✓ Resuelve problemas reales de aplicación en diferentes áreas como la física e ingeniería. ✓ Desarrolla pensamiento lógico matemático a partir de la resolución de problemas. ✓ Participa en actividades colaborativas mostrando valores de tolerancia hacia la diversidad de pensamiento, el reconocimiento y la comunicación asertiva con el otro. 	

Tiempo estimado para el desarrollo de la Unidad

9 sesiones clase, por cada sesión de 2 horas (120 minutos) de clase presencial se plantea un tiempo de trabajo independiente de 4 horas (240 minutos).

Estrategias de enseñanza y de aprendizaje

- Aprendizaje basado en problemas
- Clase magistral
- Lluvia de ideas
- La pregunta
- El error

DESARROLLO DE LA UNIDAD

No	Actividad	Tiempo	Materiales educativos	Evaluación
1	Como punto inicial se presentará un video de introducción al curso de Cálculo Integral desde su historia.	15 minutos	Video beam y video "historia del cálculo integral", min 0:00 – 14:32 https://www.youtube.com/watch?v=WuhBxx60uPk	
	Se dará un espacio para opiniones y comentarios acerca del video y de igual forma, se recordarán algunos conceptos del cálculo diferencial.	15 minutos	Tablero	Diagnóstica y formativa. Observación directa con base en opiniones y comentarios proporcionadas
	Se especificarán los objetivos de la actividad, junto con el problema de base sobre estimación con sumas finitas superior e inferiormente. Un ejemplo de estos problemas se encuentra en el Anexo A.	10 minutos	Tablero	

Se hará una socialización del problema en donde los estudiantes expondrán sus opiniones, dudas y sugerencias generales para el desarrollo del mismo.	15 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en preguntas y sugerencias proporcionadas
Se organizarán en grupos de máximo 4 estudiantes y harán un análisis del problema. Se solicita que el grupo identifique la situación problemática, las variables involucradas, lo que pide el problema y qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita.	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la comprensión del problema
Cada grupo hará una gráfica con los datos del problema y organizarán la información relevante. Representarán gráficamente la relación entre las variables	15 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la relación de los elementos problema
El grupo planteará hipótesis y propondrán un plan para la solución del problema. En este momento se espera que el grupo haga relación del problema con situaciones semejantes, describa el problema en forma diferente,	30 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para el planteamiento de la solución del problema

	<p>proponga planes alternativos para la solución.</p> <p>Al finalizar el plan deben verificar el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.</p>			
	<p>Actividad de trabajo independiente</p> <p>Cada estudiante ejecutará el plan de solución y comprobará cada uno de los pasos.</p> <p>Se espera que esto permita el estudio profundo de los conceptos involucrados en la solución del problema</p>	4 horas	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	
2	<p>Puesta en común de las soluciones realizadas por cada uno de los integrantes del grupo. Consolidación de una propuesta de solución grupal. Se dará espacio para discusión en pequeño grupo</p>	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	<p>Diagnóstica y formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la solución del problema</p>
	<p>Socialización de la solución del problema por cada grupo de trabajo.</p> <p>En este momento se busca la</p>	20 minutos	Tablero	<p>Formativa. Observación directa con base en la identificación de estrategias útiles para la</p>

reflexión sobre el procedimiento realizado, identificación de estrategias útiles por parte de todo el colectivo del curso.			resolución de problemas.
Clase magistral por parte del docente proporcionando una realimentación para la consolidación del concepto anteriormente trabajado. Se hará de manera pausada realizando preguntas que favorezca la reflexión y participación de los estudiantes	20 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en las preguntas y la participación
Se especificarán los objetivos de la actividad, junto con un problema similar al ejemplo del Anexo A. El problema lo resolverán usando la regla del punto medio	10 minutos	Tablero	
Se hará una socialización del problema en donde los estudiantes expondrán sus opiniones, dudas y sugerencias generales para el desarrollo del mismo.	10 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en preguntas y sugerencias proporcionadas
En grupos harán un análisis del problema. Se solicita que el grupo identifique la situación	10 minutos	Cartulina y marcadores.	Formativa. Observación directa con el

<p>problemática, las variables involucradas, lo que pide el problema y qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita.</p>		<p>usarán la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)</p>	<p>seguimiento a cada grupo para la comprensión del problema</p>
<p>Cada grupo hará una gráfica con los datos del problema y organizará la información relevante. Representarán gráficamente la relación entre las variables</p>	<p>10 minutos</p>	<p>Cartulina y marcadores. usarán la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)</p>	<p>Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la relación de los elementos problema</p>
<p>El grupo planteará hipótesis y propondrán un plan para la solución del problema. En este momento se espera que el grupo haga relación del problema con situaciones semejantes, describa el problema en forma diferente, proponga planes alternativos para la solución.</p> <p>Al finalizar el plan deben verificar el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.</p>	<p>20 minutos</p>	<p>Cartulina y marcadores. usarán la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)</p>	<p>Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para el planteamiento de la solución del problema</p>
<p>Actividad de trabajo independiente</p> <p>Cada estudiante ejecutará el plan</p>			

	<p>de solución y comprobará cada uno de los pasos.</p> <p>Se espera que esto permita el estudio profundo de los conceptos involucrados en la solución del problema</p>	4 horas	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	
3	<p>Puesta en común de las soluciones realizadas por cada uno de los integrantes del grupo. Consolidación de una propuesta de solución grupal. Se dará espacio para discusión en pequeño grupo</p>	20 minutos	Cartulina y marcadores. usarán la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	<p>Diagnóstica y formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la solución del problema</p>
	<p>Un estudiante de cada grupo escogido al azar, explicará paso a paso el desarrollo, la solución del problema y las estrategias utilizadas para la resolución de la situación</p> <p>En este momento se busca la reflexión sobre el procedimiento realizado e identificación de estrategias útiles y las no convenientes</p>	30 minutos	Cartelera	<p><u>Formativa y sumativa. Heteroevaluación con respecto al desarrollo del problema y al trabajo en grupo (15%)</u></p>
	<p>En grupos de trabajo, demostrarán matemáticamente las sumas finitas</p>			<p>Formativa. Observación directa con</p>

	k, i, i^2, i^3, i^4 . Se distribuirá al azar para que cada grupo trabaje una suma finita.	40 minutos	Material de apoyo	base en el seguimiento de cada grupo con la demostración
	Un estudiante escogido al azar socializará la demostración correspondiente ante todos los compañeros	30 minutos	Tablero	Formativa. Realimentación sobre cada demostración donde se identifica la secuencia de la lógica, las dificultades y los errores cometidos.
	Actividad de trabajo independiente Cada estudiante resolverá un problema semejante al ejemplo del Anexo A. Debe hacer estimaciones hallando suma superior, suma inferior y punto medio. Usarán el procedimiento de la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	4 horas	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	
4	Se escogerán dos estudiantes al azar donde mostrarán el procedimiento de la resolución del problema e identificarán las estrategias útiles y las no convenientes	30 minutos	Tablero	Diagnóstica y formativa. Realimentación con base en el proceso para la solución del problema y las estrategias utilizadas
	Se especificarán los objetivos de la actividad, junto con un problema de introducción a la suma de	10 minutos	Tablero	

Riemann. Un ejemplo de estos problemas se encuentra en el Anexo C.			
Se hará una socialización del problema en donde los estudiantes expondrán sus opiniones, dudas y sugerencias generales para el desarrollo del mismo.	15 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en preguntas y sugerencias proporcionadas
Se organizarán en grupos y harán un análisis del problema. Se solicita que el grupo identifique la situación problemática, las variables involucradas, lo que pide el problema y qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita.	15 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la comprensión del problema
Cada grupo hará una gráfica con los datos del problema y organizarán la información relevante. Representarán gráficamente la relación entre las variables	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la relación de los elementos problema
El grupo planteará hipótesis y propondrán un plan para la solución del problema. En este momento se espera que el grupo haga relación del problema con			

	<p>situaciones semejantes, describa el problema en forma diferente, proponga planes alternativos para la solución.</p> <p>Al finalizar el plan deben verificar el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.</p>	30 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	<p>Formativa.</p> <p>Observación directa con el seguimiento a cada grupo para el planteamiento de la solución del problema</p>
	<p>Actividad de trabajo independiente</p> <p>Cada estudiante ejecutará el plan de solución y comprobará cada uno de los pasos.</p> <p>Se espera que esto permita el estudio profundo de los conceptos involucrados en la solución del problema</p>	4 horas	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	
5	<p>Puesta en común de las soluciones realizadas por cada uno de los integrantes del grupo. Consolidación de una propuesta de solución grupal. Se dará espacio para discusión en pequeño grupo</p>	30 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	<p>Diagnóstica y formativa.</p> <p>Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la solución del problema</p>
	<p>Socialización de la solución del problema por cada grupo de</p>			<p><u>Formativa y sumativa.</u></p> <p><u>Coevaluación y</u></p>

trabajo. En este momento se busca la reflexión sobre el procedimiento realizado, identificación de estrategias útiles por parte de todo el colectivo del curso	30 minutos	Tablero	<u>autoevaluación con respecto al el desarrollo del problema y al trabajo colaborativo. (15%)</u>
Clase magistral por parte del docente en donde se hará la realimentación de la actividad sobre sumas de Riemann y se construirá la definición de integral. Se desarrollará formulando preguntas a los estudiantes propiciando el diálogo y las discusiones guiadas de forma que puedan analizar y comprender el surgimiento y la definición de la integral	20 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en las preguntas y respuestas proporcionadas
Se especificarán los objetivos de la actividad, junto con el problema de base sobre integrales. Un ejemplo de estos problemas se encuentra en el Anexo D.	10 minutos	Tablero	
Se hará una socialización del problema en donde los estudiantes expondrán sus opiniones, dudas y sugerencias generales para el	15 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en preguntas y sugerencias

	desarrollo del mismo.			proporcionadas
	Se organizarán en grupos de máximo 4 estudiantes y harán un análisis del problema. Se solicita que el grupo identifique la situación problemática, las variables involucradas, lo que pide el problema y qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita.	15 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la comprensión del problema
	Actividad de trabajo independiente Cada estudiante realizará una interpretación geométrica de las propiedades de la integral definida	4 horas		
6	Se continúa con la actividad anterior. Ahora cada grupo hará una gráfica con los datos del problema y organizarán la información relevante. Representarán gráficamente la relación entre las variables	15 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la relación de los elementos problema
	El grupo planteará hipótesis y propondrá un plan para la solución del problema. En este momento se espera que el grupo haga relación			Formativa. Observación directa con el

	<p>del problema con situaciones semejantes, describa el problema en forma diferente, proponga planes alternativos para la solución.</p> <p>Al finalizar el plan deben verificar el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.</p>	30 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	seguimiento a cada grupo para el planteamiento de la solución del problema
	<p>Cada grupo ejecutará el plan de solución y comprobará cada uno de los pasos.</p> <p>Se espera que esto permita el estudio profundo de los conceptos involucrados en la solución del problema</p>	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la solución del problema
	<p>Socialización de la solución del problema por cada grupo de trabajo.</p> <p>En este momento se busca la reflexión sobre el procedimiento realizado, identificación de estrategias útiles por parte de todo el colectivo del curso</p>	20 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en la identificación de estrategias útiles para la resolución de problemas
	Estudiantes escogidos de manera aleatoria pasarán a socializar la respectiva ilustración geométrica	35 minutos	Tablero	Formativo. Observación directa sobre la interpretación y

	de las propiedades. (trabajo independiente)			preguntas al respecto
	<p>Actividad de trabajo independiente</p> <p>En parejas prepararán exposiciones sobre el desarrollo de un problema similar al ejemplo del Anexo D.</p> <p>Deben tener en cuenta el procedimiento de la plantilla de resolución de problemas (Anexo B)</p>	4 horas		
7	Presentación de exposiciones explicando paso a paso el desarrollo y la solución del problema. Del mismo modo, las estrategias utilizadas para la resolución de la situación	50 minutos	Cartelera, video beam, tablero	<u>Diagnóstica y sumativa. Heteroevaluación con respecto a la presentación, al desarrollo del problema y al trabajo en grupo (20%)</u>
	Con la participación de todo el colectivo del curso se demostrará matemáticamente una integral definida (integral de $x dx$), con el objetivo de mostrar la secuencia de la lógica y empezar a relacionarlo con el teorema fundamental del cálculo	30 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en las preguntas y la participación de los estudiantes.
	Se presentará un video corto como		Video beam y video "historia	

	introducción al teorema fundamental del cálculo.	15 minutos	del cálculo integral”, min 14:30 – 26:14 https://www.youtube.com/watch?v=WuhBxx60uPk	
	Se especificarán los objetivos de la actividad, junto con el problema de base sobre integrales usando el teorema fundamental del cálculo. Un ejemplo de estos problemas se encuentra en el Anexo E.	10 minutos	Tablero	
	Se hará una socialización del problema en donde los estudiantes expondrán sus opiniones, dudas y sugerencias generales para el desarrollo del mismo.	15 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base en preguntas y sugerencias proporcionadas
	Actividad de trabajo independiente Los estudiantes buscarán el teorema fundamental del cálculo con su respectiva demostración, lo estudiarán analizando cada uno de los pasos y el objetivo del teorema con algunos ejemplos.	4 horas		
8	Se continúa con la actividad anterior. Ahora, se organizarán en grupos de máximo 4 estudiantes y harán un análisis del problema. Se			Formativa. Observación directa con el

	solicita que el grupo identifique la situación problemática, las variables involucradas, lo que pide el problema y qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita.	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	seguimiento a cada grupo para la comprensión del problema
	Cada grupo hará una gráfica con los datos del problema y organizarán la información relevante. Representarán gráficamente la relación entre las variables.	15 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para la relación de los elementos problema
	El grupo planteará hipótesis y propondrá un plan para la solución del problema. En este momento se espera que el grupo haga relación del problema con situaciones semejantes, describa el problema en forma diferente, proponga planes alternativos para la solución. Al finalizar el plan deben verificar el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	Formativa. Observación directa con el seguimiento a cada grupo para el planteamiento de la solución del problema
	El grupo ejecutará el plan de solución y comprobará cada uno			Formativa. Observación directa con el

de los pasos. Se espera que esto permita el estudio profundo de los conceptos involucrados en la solución del problema	20 minutos	Plantilla de resolución de problemas (Anexo B)	seguimiento a cada grupo para la solución del problema
Socialización de la solución del problema por cada grupo de trabajo. En este momento se busca la reflexión sobre el procedimiento realizado, identificación de estrategias útiles por parte de todo el colectivo del curso	25 minutos	Tablero	<u>Formativa y sumativa. Coevaluación y autoevaluación con respecto al el desarrollo del problema y al trabajo colaborativo. (20%)</u>
Se realizará una socialización colectiva para propiciar una realimentación sobre el teorema fundamental del cálculo de forma general donde los estudiantes presenten sus dudas, opiniones y sugerencias al respecto	20 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base a preguntas y comentarios proporcionados
Actividad de trabajo independiente Se dejará un taller de problemas recopilando todo lo visto en la unidad, con el objetivo de preparación para el examen	4 horas		

	escrito			
	Examen escrito para realizar de manera individual. La evaluación consta de 5 problemas semejantes a los trabajados en las actividades anteriores.	1 hora y 30 minutos		<u>Heteroevaluación y autoevaluación.</u> <u>(30%)</u>
9	Se realizará una socialización conjunta sobre los problemas presentados en el examen y de manera general se expresarán cuales fueron las estrategias útiles y las no convenientes para la solución de situaciones problema.	30 minutos	Tablero	Formativa. Observación directa con base a opiniones , comentarios y sugerencias proporcionados por los estudiantes

7.2. LINEAMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN

La propuesta evaluativa de esta secuencia didáctica se caracteriza por ser **comunicativa**, porque se establece una buena interrelación entre el evaluador y el evaluado a través de toda la secuencia didáctica, **de calidad**, ya que la propuesta evaluativa involucra los procesos necesarios para alcanzar las competencias propuestas de forma integral, **democrática**, puesto que induce a la participación comprometida de todos los implicados en el proceso, **económica**, ya que el tiempo, trabajo y el costo son óptimos, **formativa**, porque se generan espacios de realimentación y de mejora, **mediada**, puesto que es necesario el acompañamiento y la orientación del profesor y **pertinente** ya que la propuesta de evaluación es coherente con los logros y las competencias planteadas.

Los tipos de evaluación que se implican en la propuesta son de tipo hetero, co y autoevaluación ya que debe haber una regulación por parte del docente y una autorregulación por parte de estudiante. Por otro lado, se involucra la evaluación diagnóstica para obtener información sobre conocimientos y actitudes previas, evaluación formativa con el fin de lograr una realimentación convirtiéndola en un instrumento de enseñanza y aprendizaje, y evaluación sumativa para valorar el alcance y la calidad de los logros. A continuación se muestra los instrumentos de evaluación propuestos para cada nota parcial.

Tabla 5. Instrumentos de evaluación

Evaluación Sumativa N°	Porcentaje	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
1	15%	Escala de apreciación y rúbrica de evaluación
2	15%	Escala de apreciación y rúbrica de evaluación
3	15%	Escala de apreciación y lista de cotejo
4	20%	Escala de apreciación y rúbrica de evaluación
5	30%	Prueba de desempeño

Seguidamente se mostrará la rúbrica de evaluación, la lista de cotejo y la escala de apreciación que se aplica en la evaluación sumativa. La escala de apreciación valora el trabajo colaborativo en los diferentes momentos de la secuencia, en ella el 1 corresponde a un comportamiento que nunca se presenta y el 5 a un comportamiento que se presenta siempre.

Tabla 6. Rubrica de evaluación

RUBRICA DE EVALUACIÓN: DESARROLLO COLABORATIVO DE PROBLEMAS							
Criterio de calidad	Indicador de calidad	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	%	Nota
		4.0-5.0	3.0-3.9	2.0-2.9	1.0-1.9		
Comprensión del problema	Situación problemática y variables involucradas	Identifica claramente el problema y las variables implicadas en la situación.	Reconoce el problema y algunas variables involucradas en ella.	Identifica con mucha dificultad el problema y no identifica las variables involucradas.	No identifica la situación problemática ni tampoco las variables implicadas.	10%	
	Qué pide el problema y qué hace falta para hallar lo que solicita	Interpreta fácilmente lo que pide el problema y lo que hace falta para solucionarlo.	Interpreta lo que pide el problema pero no reconoce lo que hace falta para hallar lo que se solicita.	Identifica con mucha dificultad lo que pide el problema y no reconoce lo que hace falta para solucionarlo.	No interpreta lo que pide el problema ni tampoco lo que hace falta para solucionarlo.	10%	
Relación de los elementos del problema	Gráfica que representa la relación entre las variables	Realiza una gráfica que representa apropiadamente la relación entre las variables. Se presenta el uso	Realiza una gráfica que representa apropiadamente la relación entre las variables.	Elabora una gráfica pero relaciona incorrectamente las variables involucradas.	No realiza la representación gráfica de la relación de las variables.	10%	

		de colores y aclaraciones para ampliar la comprensión de la misma.					
Plan para la solución del problema	Qué debe hacer para solucionar el problema y cómo se va realizar	Analiza adecuadamente lo que se debe hacer y muestra correctamente los pasos para darle solución al problema.	Interpreta lo que debe hacer para hallar la solución y presenta la mayoría de los pasos requeridos para ello.	Interpreta de forma inadecuada lo que debe hacer para la solución y por tanto, propone incorrectamente los pasos para hacerlo.	No interpreta lo que debe hacer para solucionar el problema y por ende, no propone los pasos para ello.	30%	
Ejecución del plan de solución	Paso a paso del plan de solución	Identifica de forma clara el paso correcto y lo demuestra.	Explica algunos pasos del plan de solución.	Muestra de forma incorrecta los pasos del plan de solución.	No ilustra la ejecución del plan de solución.	20%	
Actividad metacognitiva	Procedimiento del desarrollo del problema y estrategias útiles	Realiza una adecuada reflexión sobre el procedimiento e identifica las estrategias útiles y las no convenientes.	Expresa una reflexión sobre el procedimiento pero no identifica las estrategias útiles en el desarrollo del problema.	Realiza una inadecuada reflexión sobre el procedimiento y no identifica las estrategias útiles en el desarrollo del problema.	No hace una reflexión sobre el desarrollo de problema y del mismo modo, no identifica las estrategias útiles.	20%	
				Calificación final		100%	

Tabla 7. Lista de cotejo de Exposición.

	ASPECTO	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1	El grupo realiza el análisis correspondiente del problema identificando la situación problemática, variables involucradas, lo que pide el problema y lo que haría falta para hallar lo que se solicita.			
2	Ilustran una representación gráfica adecuada del problema involucrando las variables y su relación.			
3	El plan de solución que presentan para el problema es el adecuado teniendo en cuenta el empleo de todos los datos y las condiciones del problema.			
4	Los pasos para encontrar la solución de la situación problemática están relacionados con la teoría trabajada en clase.			
5	El grupo ejecuta el plan de solución comprobando cada uno de los pasos.			
6	La respuesta encontrada es coherente con lo planteado por la situación problemática.			

7	El grupo realiza una reflexión sobre el desarrollo del problema y las estrategias útiles para resolver la situación.			
8	Domina el tema, logra conectar y explicar el problema en sus diferentes aspectos.			
9	Utiliza un lenguaje elaborado y preciso, apropiado con el nivel de conocimiento de la audiencia (Lenguaje claro).			
10	Mantiene contacto visual con el público, no da la espalda y maneja adecuadamente el espacio (Posición del cuerpo y gesticulación).			
11	Presenta todos los elementos incluidos en la resolución del problema, dentro de los 5 minutos especificados.			
12	El manejo de gráficos y textos es apropiado para la presentación del problema.			
VALORACIÓN FINAL				

Tabla 8. Escala de apreciación actitudinal

CRITERIOS		1	2	3	4	5
1	Aporta ideas al grupo para cumplir con los objetivos					
2	Interactúa efectivamente con sus compañeros de grupo					
3	Aporta en la toma de decisiones sobre estrategias para mejorar el logro de las metas colaborativas					
4	Es tolerante con las personas que piensa diferente					
5	Muestra interés por adquirir nuevos conocimientos					
6	Cumple con las responsabilidades adquiridas para el trabajo del grupo					
7	Se comunica de manera adecuada con sus compañeros					
8	Demuestra interés en identificar las necesidades básicas de su aprendizaje					
9	Se esmera por conseguir los logros del grupo					
10	Muestra buena actitud en los cambios de trabajo					
SUMA PARCIAL =		/ 10 =		NOTA FINAL		

8. CONCLUSIONES

- ✓ El pensamiento complejo se puede y se debe propiciar desde todas las ramas del conocimiento. En este caso, en matemáticas se hace mucho más urgente empezar a desarrollar este tipo de pensamiento ya que ésta es la herramienta fundamental para la descripción de fenómenos y situaciones reales.
- ✓ Las estrategias de enseñanza y aprendizaje que fueron documentadas en diferentes experiencias muestran que se pueden obtener aprendizajes significativos en los estudiantes, por lo que se hace necesario implementarlas en las aulas de clase con el propósito de desarrollar un pensamiento complejo, acercándolos al quehacer profesional y a situaciones reales.
- ✓ La estrategia de enseñanza y aprendizaje basada en problemas en el área de matemáticas es muy importante para el desarrollo del pensamiento complejo, ya que permite el acercamiento a contextos reales, el reconocimiento y la interpretación de nuevos problemas y el hallazgo de soluciones creativas.
- ✓ En secuencias didácticas donde se promueva la enseñanza y el aprendizaje basado en problemas se debe poner un grado de atención a los problemas planteados en las actividades ya que el desarrollo y la solución de estos problemas deben articular las características propias de la estrategia y los principios fundamentales del pensamiento complejo.
- ✓ La evaluación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática se hace significativa cuando se involucra los diferentes actores

en el aula y se propicia como un instrumento adicional de enseñanza y aprendizaje, como un recurso de realimentación y mejoramiento de manera constante e integral.

- ✓ El docente responsable de la enseñanza de la matemática debe ser una persona activa, innovadora y entregada al seguimiento del proceso de enseñanza, puesto que requiere de tiempo y dedicación en la preparación y la ejecución de actividades para el desarrollo del pensamiento complejo en los estudiantes.
- ✓ En general, las estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en proyectos, problemas y método de casos merecen una atención especial en todas las áreas del conocimiento puesto que el objetivo es formar profesionales preparados para enfrentar problemas y retos de la sociedad, personas críticas, reflexivas y autónomas con formación integral.
- ✓ La universidad debe poner en consideración el pensamiento complejo como un objetivo de aprendizaje en la educación superior ya que la mayor dificultad de los egresados es comprender y solucionar problemas presentes en la sociedad, esto puesto que en las aulas de clase se estudian contenidos muy alejados de la realidad y de las necesidades de la humanidad.

BIBLIOGRAFIA

ARAGON CARAVEO, Eduardo. *et al.* Objetos de aprendizaje como recurso didáctico para la enseñanza de matemáticas. [Base de datos en línea]. Octubre 1 de 2009. Apertura: Revista de Innovación Educativa. (Recuperado en 1 febrero 2019.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/688/68820815008.pdf>

ARGUEDAS FLATTS, Yendry; COTO JIMÉNEZ, Marvin y TREJOS ZELAYA, Javier. Propuesta para la enseñanza del cálculo utilizando las TIC como recurso didáctico en el curso MA-1210. [En línea]. Red Innova Cesal. San José. Universidad de Costa Rica. 2010. (Recuperado en 24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/62/archivos/PCC_CB_01_2010.pdf

BARBEROUSSE, Paulette. Fundamentos teóricos del pensamiento complejo de Edgar Morin. [Base de datos en línea]. Vol. XII, Núm 2, 2008. Revista electrónica Educare, 95-113. (Recuperado en 10 Noviembre 2018.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114586009.pdf>

CABRERA CUELLAR, Juan David y RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Jeisson. Sobre la modelación y simulación de sistemas complejos. Un estado del arte. Neiva-Huila: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Matemática Aplicada, 2017. 65p.

CHAVES ESQUIVEL, Edwin y CASTILLO SÁNCHEZ, Mario. Enseñanza de la estadística y pensamiento complejo. [En línea]. Red Innova Cesal. Heredia. Universidad Nacional Costa Rica. 2011. (Recuperado en 25 octubre 2018.)

Disponible en
http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/64/archivos/PCC_CB_03_2011.pdf

CORREDOR MONTAGUT, Martha Vitalia, PÉREZ ANGULO, Martha Ilce y ARBELÁEZ LOPÉZ, Ruby. Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje. CEDEUIS. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2009. p. 237. ISBN 978-958-8504-11-7

DE JESÚS, María Inés. *et al.* Re-pensando la Educación desde la Complejidad. [Base de datos en línea]. Vol 6, Núm 16, 2007. Polis: Revista Latinoamericana. (Recuperado en 6 febrero 2019.) Disponible en <https://journals.openedition.org/polis/4581#article-4581>

GOMES HERNANDES, Gisela y VICENTE DA SILVA Silmara Alexandra. La representación gráfica de la recta tangente con respecto a una función para un punto específico utilizando el *software* winplot: algunas soluciones incorrectas presentadas por los estudiantes. ResearchGate. San Nicolás de los garza: Universidad Autónoma de Nuevo león. 2008. (Recuperado en 6 noviembre 2018.) Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273002372_La_representacion_grafica_de_la_recta_tangente_con_respecto_a_una_funcion_para_un_punto_especifico_utilizando_el_software_winplot_algunas_soluciones_incorrectas_presentadas_por_los_estudiantes/download

GÓMEZ CABANA, Alfredo. Estrategias de enseñanza-aprendizaje y pensamiento complejo en álgebra lineal: una experiencia de investigación-acción participativa.

Tesis de Magíster en Matemáticas, mención en Docencia. Maracaibo: Universidad de Zulia. Facultad de Humanidades y Educación, 2006. 172p

HERRERA VILLAMIZAR, Nancy Liliana; MONTENEGRO VELANDIA, Wilson y POVEDA JAIMES, Salvador. Revisión teórica sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. [Base de datos en línea]. N° 35, Febrero-Mayo de 2012. Revista virtual Universidad Católica del Norte. (Recuperado en 30 enero 2019.)
Disponible en
<http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/361/676>

HITT, Fernando. Dificultades en el aprendizaje del cálculo. [En línea]. Academia. Montreal. Université du Québec á Montréal. (Recuperado en 23 noviembre 2018.)
Disponible en
http://www.academia.edu/807014/Dificultades_en_el_aprendizaje_del_c%C3%A1culo

LADINO VELASQUEZ, Ariel Yezid. El pensamiento complejo como herramienta para nuevas propuestas de diseño en objetos de uso. Tesis de Máster en Diseño. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Facultad de Diseño y Comunicación, 2008. 108p

LÓPEZ ARBELÁEZ, Ruby. Evaluación del aprendizaje en la educación superior. CEDEUIS. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2010. p. 183. ISBN 978-958-44-6799-7

MORIN, Edgar. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa S. A., 1996. p167. ISBN 84-7432-518-8

MORIN, Edgar; CIURANA, Emilio Roger y MOTTA, Raúl Domingo. Educar en la era planetaria. Barcelona: Gedisa S. A., 2002. p140. ISBN 84-7432-835-7

MOTTA, Raúl. Complejidad, educación y transdisciplinariedad. [Base de datos en línea]. Vol 1, Núm 3, 2002. Polis: Revista de la Universidad Bolivariana. (Recuperado en 6 febrero 2019.) Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/305/30510313.pdf>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Asociación de Academias de la Lengua Española. [En línea]. (Recuperado en 14 febrero 2019.) Disponible en <https://dle.rae.es/?w=>

THOMAS JR, George B. Cálculo. Una variable. Undécima edición. Pearson Educación, México, 2006. p. 335. ISBN: 970-26-0643-8.

TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Bogotá: ECOE. 2013. 370p. (4ta. Ed.)

TOVAR, Manuel y SANTOS, Rubén. La física, un campo propicio para el desarrollo del pensamiento complejo. . [En línea]. Red Innova Cesal. Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. 2011. Recuperado en 28 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/68/archivos/PCC_CB_07_2011.pdf

TREJOS ZELAYA, Javier. Fomento del pensamiento complejo para el desarrollo de competencias profesionales en un curso de estadística actuarial. [En línea]. Red Innova Cesal. San José: Universidad de Costa Rica. 2011. (Recuperado en

24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/69/archivos/PCC_CB_08_2011.pdf

TREJOS, Javier. Experiencias sobre desarrollo del pensamiento complejo en cursos de matemáticas. [En línea]. San José: Universidad de Costa Rica. (Recuperado en 22 octubre 2018.) Disponible en <http://ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/Trejos-Matem%C3%A1tica-Experiencias%20sobre%20desarrollo%20del%20pensamiento%20complejo%20en%20cursos%20de%20matem%C3%A1tica.pdf>

VERDEJO, Pilar y FREIXAS, Rosario. Educación para el pensamiento complejo y competencias: Diseño de tareas y experiencias de aprendizaje. [En línea]. Red Innova Cesal. México. 2009. (Recuperado en 28 octubre 2018.) Disponible en <http://www.ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/VerdejoPensamiento%20complejo.pdf>

VILLAMIZAR MORALES, Jorge. Propuesta de innovación educativa bajo los lineamientos del proyecto Innova Cesal para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Cálculo I. [En línea]. Red Innova Cesal. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2010. (Recuperado en 24 octubre 2018.) Disponible en http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/70/archivos/PCC_CB_09_2010.pdf

ZABALA, Antoni y ARNAU, Laia. 11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias. Barcelona. Editorial GRAÓ, 2007. 226P. ISBN 978-84-7827-500-7

ANEXOS

Anexo A. Problema de base sobre estimación con sumas finitas superior e inferiormente.

Una planta genera electricidad quemando petróleo. Los contaminantes producidos como resultado del proceso de combustión son eliminados por un filtro en la chimenea. Con el tiempo, el filtro va a ser menos eficiente hasta que llegue el momento en que tenga que ser reemplazado cuando la cantidad de contaminantes liberados exceda los estándares gubernamentales. El siguiente registro muestra la razón a la que los contaminantes eran liberados en la atmósfera al final de cada mes del año pasado.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Razón de contaminantes liberados (ton/día)	0.20	0.25	0.27	0.34	0.45	0.52

Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Razón de contaminantes liberados (ton/día)	0.63	0.70	0.81	0.85	0.89	0.95

Los estándares gubernamentales exigen que no debe superar las 125 toneladas, entonces suponiendo que todos los meses duran 30 días y que el filtro nuevo solamente permite liberar 0.05 ton/día, ¿Aproximadamente cada cuántos meses se tendrá que cambiar el filtro para no ser sancionados por la entidad ambiental?

Fuente: Adaptado de THOMAS JR, George B. Cálculo. Una variable. Undécima edición. Pearson Educación, México, 2006. p. 335. ISBN: 970-26-0643-8.

Anexo B. Plantilla de resolución del problemas.

Fecha:

Integrantes:

1. COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA

a. ¿Cuál es la situación problemática?

b. ¿Cuáles son las variables involucradas?

c. ¿Qué pide el problema?

d. ¿Qué haría falta en la situación para hallar lo que se solicita?

2. RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL PROBLEMA

a. ¿Cuál es la gráfica que representa la relación entre las variables?

3. PLAN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

a. ¿Qué debe hacer para solucionar el problema?

b. ¿Cómo va a darle solución al problema? Señale cada uno de los pasos a realizar para encontrar la solución.

4. EJECUCIÓN DEL PLAN DE SOLUCION

a. Muestre cada uno de los pasos del plan de solución

b. ¿Cuál es la respuesta encontrada a la situación problemática?

Anexo C. Problema de introducción a la suma de Riemann.

Un tanque que contiene petróleo tiene una fuga y se está vertiendo sobre un nacedero de agua. La fuga duró aproximadamente 10 horas y como evidencia del derrame, se hizo el siguiente registró:

Tiempo (horas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Derrame (galones/hora)	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

Se desea conocer exactamente la cantidad de petróleo que llegó al nacedero de agua para así poder elaborar un plan de contingencia. Para esto:

1. Encuentre una aproximación de la cantidad de petróleo derramado en el nacedero durante las 10 horas.
2. Estime la cantidad de petróleo derramado en el rio con 20 subintervalos.
3. Encuentre la cantidad exacta de petróleo derramado en el nacedero durante las 10 horas.

Anexo D. Problema sobre integrales.

Don Carlos manejó un camión desde la base hasta la cima del monte Washington, llevando un tanque de 800 galones de agua. Al llegar a su destino, descubre que el tanque sólo contiene agua hasta la mitad de su capacidad. Al iniciar su viaje tenía el tanque lleno, subió el monte a una velocidad constante y realizó el ascenso de 4750 pies en 50 minutos. El agua pesa 8 lb/galón y supone que el agua se derramó a razón constante. El jefe de Carlos le pide que averigüe cuál fue la cantidad de combustible que se gastó para el viaje y para esto primero debe conocer el trabajo que realizó. Por lo tanto, ¿Cuánto trabajo requirió para llevar el agua hasta la cima?

Fuente: Adaptado de THOMAS JR, George B. Cálculo. Una variable. Undécima edición. Pearson Educación, México, 2006. p. 463. ISBN: 970-26-0643-8.

Anexo E. Problema de integrales usando el teorema fundamental del cálculo.

Una compañía fábrica y vende batidoras de huevo, y su ingreso marginal está dada por

$$\frac{dr}{dx} = 2 - \frac{2}{(x+1)^2}$$

Donde r está medido en miles de dólares y x en miles de unidades. Un cliente pide a la compañía que le venda 3 mil batidoras de huevo pero la empresa no sabe cuánto cobrarle por la cantidad de batidoras pedidas. ¿Cuánto dinero deberá recibir la compañía por esa producción?

Fuente: Adaptado de THOMAS JR, George B. Cálculo. Una variable. Undécima edición. Pearson Educación, México, 2006. p. 366. ISBN: 970-26-0643-8.