

**Aprendizaje Transdisciplinar de las Ciencias Matemáticas mediado por Realidad
Aumentada en Programas de Ingeniería**

Juana Yadira Martín Perico



Universidad Santo Tomás
Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia - VUAD
Facultad de Educación
Doctorado en Educación
Bogotá, D. C.
2019

**Aprendizaje Transdisciplinar de las Ciencias Matemáticas mediado por Realidad
Aumentada en Programas de Ingeniería**

Juana Yadira Martín Perico

Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Educación

Director:

Dr. Oscar Leonardo Acero Ordoñez

Universidad Santo Tomás

Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia - VUAD

Facultad de Educación

Doctorado en Educación

Bogotá, D. C.

2019

Nota de aceptación

Firma presidente del Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D. C. Enero de 2019.

Contenido

	Pág.
Introducción	12
Capítulo Uno. Contexto y Problematicación	14
1.1 Tensiones en las didácticas para el aprendizaje de las matemáticas	14
1.2 Pregunta-problema a investigar.....	23
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos.....	24
Capítulo Dos. Marco de Referencia.....	25
2.1 Estado de la cuestión	25
2.2 Marcos conceptual y categorial	39
2.2.1 El aprendizaje	39
2.2.2 La Teoría.....	40
2.2.3 Recurriendo a una nueva teoría del aprendizaje para la era digital	41
2.2.4 El conectivismo	42
2.2.5 Estilos de aprendizaje	46
2.2.6 Enseñanza aprendizaje de las matemáticas	56
2.2.7 Competencias matemáticas básicas.....	60
2.2.8 Didácticas de enseñanza de las matemáticas como mediación pedagógica	65
2.2.9 Mediación pedagógica para el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas	72
2.3 Teorías que fundamentan las didácticas emergentes.....	75
2.3.1 Pedagogías emergentes.....	75
2.3.2 Realidad aumentada como didáctica emergente.....	76
2.3.3 Desarrollo cognitivo de las personas a partir del uso de las TIC.	82
2.4 Teorías que apoyan la transdisciplinariedad	87
2.5 Teorías que apoyan el concepto de desempeño académico	90
Capítulo Tres. Diseño metodológico	93
3.1 Tipo de estudio	93
3.2 Método	94

3.3 Paradigma de investigación.....	94
3.4 Contexto de la investigación	95
3.4.1 Muestra	95
3.4.2 Instrumentos	99
3.4.2.1 Instrumento I (preprueba)	99
3.4.2.2 Instrumentos II, III y IV (Posprueba 1,2 y 3)	102
3.4.3 Tratamiento.....	102
3.4.3.1 Laboratorio I	102
3.4.3.2 Laboratorio II	103
3.4.3.3 Laboratorio III.....	104
3.4.4 Fases de ejecución	104
Capitulo Cuatro. Resultados	106
4.1 Presentación de los resultados.....	106
4.2 Hallazgos relacionados con la fundamentación de la didáctica	106
4.2.1 Aprendizaje transdisciplinar	106
4.3 Mediación pedagógica: Didáctica de las matemáticas	110
4.4 Desempeño académico.....	117
4.4.1 preprueba	117
4.4.2 Análisis posprueba.....	119
Capitulo Cinco. Discusión de resultados	127
5.1 Aprendizaje transdisciplinar.....	127
5.2 Realidad aumentada como mediación pedagógica para la construcción de aprendizaje transdisciplinar	129
5.3 Rendimiento académico	130
5.3.1 Prueba diagnóstica de ingreso en matemáticas.....	130
5.3.2 Resultados Posprueba.....	131
5.3.3 Rendimiento académico y estilos de aprendizaje	132
Capítulo Seis. Conclusiones.....	133
Capitulo Siete. Propuestas y recomendaciones.....	137
Referencias.....	139

Lista de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Categorización de la realidad aumentada de acuerdo con sus aplicaciones	31
Ilustración 2. Principios del conectivismo.....	44
Ilustración 3. Esquematización del modelo de la cebolla de Curry (1987)	47
Ilustración 4. Tipología de estudiantes de acuerdo con sus estilos de aprendizaje de Kolb...	54
Ilustración 5. Fases fundamentales para el proceso de aprendizaje según Kolb	55
Ilustración 6. Los cuatro componentes de los fenómenos enseñanza-aprendizaje	59
Ilustración 7. Aspectos básicos del conocimiento matemático	62
Ilustración 8. Construcción del sentido del conocimiento matemático	69
Ilustración 9. Interacción de la realidad aumentada	78
Ilustración 10. Aspectos que afectan el rendimiento académico	92
Ilustración 11. Sistematización del diseño metodológico.....	93
Ilustración 12. Uso del software Aumentaty Author para el diseño de secciones cónicas.....	104
Ilustración 13. Uso de herramientas de geolocalización para modelado de la función del recorrido en auto y la construcción del concepto de razón de cambio	104
Ilustración 14. Diferenciación de elementos de integración en el aprendizaje.....	107
Ilustración 15. Niveles de realidad en la experiencia	108
Ilustración 16. Fundamentos para potenciar el aprendizaje basado en transdisciplinariedad	108
Ilustración 17. Transdisciplinariedad en ciencias matemáticas	109

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Dimensiones del estilo cognitivo	48
Tabla 2. Formas de selección de la información según las características predominantes de los individuos	50
Tabla 3. Etapas de la experiencia de aprendizaje	53
Tabla 4. Competencias matemáticas del estudiante de grado 11 y tipo de pensamiento que desarrolla	62
Tabla 5. Niveles de la realidad aumentada	80
Tabla 6. Definición de variables.....	95
Tabla 7. Programas que componen la Facultad de Ingeniería en cada institución objeto de estudio	96
Tabla 8. Contenido del curso de cálculo diferencial donde se aplicará el estudio	96
Tabla 9. Distribución de participantes por programa. Institución I.....	98
Tabla 10. Distribución de participantes por programa. Institución II	98
Tabla 11. Distribución de participantes por programa institución III	98
Tabla 12. Estructura del contenido de la preprueba	99
Tabla 13. Características de los expertos que evaluaron la preprueba	100
Tabla 14. Resultados evaluación de contenido por expertos, preprueba.....	101
Tabla 15. Características de la transdisciplinariedad	107
Tabla 16. Laboratorio de relaciones y elementos de función.....	111
Tabla 17. Laboratorio de secciones cónicas	112
Tabla 18. Laboratorio de funciones (proyecto de aula).....	113
Tabla 19. Comparaciones de preprueba grupos experimentales y control	118
Tabla 20. Comparaciones de Posprueba I grupos experimentales y control	119
Tabla 21. Porcentajes de aprobación y reprobación Posprueba I.....	120
Tabla 22. Comparaciones de Posprueba II grupos experimentales y control.....	120
Tabla 23. Porcentaje de aprobación y reprobación Posprueba II	121
Tabla 24. Comparaciones de Posprueba III para los grupos experimentales y control.....	121
Tabla 25. Porcentaje de aprobación y reprobación Posprueba III.....	122

Tabla 26.	Prueba de correlación estilo de aprendizaje y rendimiento académico grupo experimental	123
Tabla 27.	Prueba de correlación estilo de aprendizaje y rendimiento académico grupo control.....	124
Tabla 28.	Promedio de la variable nota según género en el grupo experimental y control.	125
Tabla 29.	Comparación de nota promedio según el programa	125

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Distribución de la muestra	97
Gráfica 2. Desempeños globales grupos experimentales en la ejecución de los laboratorios	116
Gráfica 3. Predominancias en los estilos de aprendizaje por grupos.....	123

Resumen

Las ciencias matemáticas son consideradas como la base de desarrollo científico y tecnológico, necesarias para comprender el contexto y las disciplinas avanzadas (ingeniería, economía, medicina, etc.), por ello se encuentran incluidas en la formación básica de todo profesional. En lo que se refiere a su enseñanza-aprendizaje, específicamente en las escuelas de ingeniería, se han identificado algunas dificultades para el estudiante y el docente que repercuten en: el cuestionamiento de las metodologías aplicadas: la desmotivación, el aprendizaje descontextualizado, la reprobación masiva, la deserción universitaria, la migración a otras carreras, entre otras. La presente investigación busca, desde el ejercicio docente, establecer alternativas didácticas novedosas que permitan al estudiante construir un aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas (que potencie sus estilos de aprendizaje), mediado por recursos digitales, puntualmente la aplicación de tecnologías en el aula basadas en la Realidad Aumentada (RA), ya que ésta tecnología posibilita que el estudiante perciba (e interactúe) entidades conceptualmente abstractas (conceptos matemáticos) en un entorno real aumentado, a través de información adicional proporcionada por un sistema digital, y comprobar su incidencia sobre el desempeño académico.

La propuesta fue de corte explicativo empleando un método mixto, transversalizado por dos fases : a) la fase descriptiva se empleó como ejercicio de comprensión teórica categorial para fundamentar el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas y b) la fase de cuasi-experimentación que se desarrolló en el contexto de tres universidades de Bogotá, que contaban en su estructura organizativa con facultades de ingeniería, tomando como muestra 240 estudiantes, matriculados en un curso de cálculo diferencial, área común para los estudios de ingeniería, seleccionados al azar dentro del sistema académico; se conformó un grupo experimental y uno control en cada institución, cada uno compuesto por 34 estudiantes. El diseño aplicado en los tres grupos experimentales fue preprueba, tratamiento, posprueba y en los tres grupos control preprueba y Posprueba, a fin de evidenciar y describir las posibles diferencias luego de la intervención.

Palabras clave: Aprendizaje transdisciplinar, realidad aumentada, didácticas emergentes, desempeño académico, educación matemática.

Abstract

The mathematical sciences are considered as the basis for scientific and technological development, they are needed to understand the context and advanced disciplines like engineering, economics, medicine, etc., therefore are included in the basic training of all professional. As regards to the teaching-learning process, specifically in the schools of engineering, it has identified some difficulties for the student and the teacher that impact the request of the methodologies applied: the lack of motivation, a decontextualized learning, massive disapproval, the dropout of the university, migration to other careers, among others. The present research seeks, from the teaching exercise, to establish innovative didactic alternatives that allow the student will build a transdisciplinary learning of mathematics sciences (that enhances their learning styles), mediated by digital resources, specifically the application of technologies in the classroom based on Augmented Reality (AR), since this technology enables the student to perceive (and interact) abstract entities (mathematical concepts) in a real environment increased, through additional information provided by a digital system, and also that check its impact on academic performance.

The present proposal was of explanatory court using a mixed method, systematically passed through by two phases: (a) the descriptive phase was used as an exercise of theoretical understanding to substantiate the categorial transdisciplinary learning of mathematics sciences and (b) the quasi-experimentation stage that was developed in the context of three universities in Bogotá, which had in its organizational structure engineering schools, conformed by 240 students, enrolled in a course of differential calculus, common area for engineering studies, selected at random within the academic system; two groups were conformed, experimental and control, at each institution, each one consisting of 34 students. The design applied in the three experimental groups was pre-test, treatment, post-test and in the three control groups was pre-test and post-test, in order to demonstrate and describe possible differences after the intervention.

Keywords: Transdisciplinary learning, augmented reality, emerging didactics, academic performance, mathematics education

Introducción

Es indiscutible la importancia que tienen las matemáticas, no sólo dentro de las ciencias básicas sino prácticamente a todo nivel científico. A cada momento las personas interactúan con dispositivos que tiene su origen o se fundamentan en las matemáticas, bien sea haciendo uso de la aritmética, el álgebra, el cálculo, o bien tratando con elementos que surgen de otras disciplinas que dependen directamente de la misma como lo son la física, la química, la biología, etc., y de campos tan diversos como la ingeniería, las ciencias sociales y la música, por citar algunos.

No obstante lo anterior y la necesidad evidente que se tiene de abordarla y emplearla, las matemáticas, como ciencia, siguen cargando un estigma, inmerecido en la gran mayoría de los casos, el cual se hace evidente incluso desde la educación primaria, produciendo una aversión y prejuicios hacia la misma, aún desde antes de manejarla o comprenderla. Aunado a estas aprensiones injustificadas se presentan múltiples motivos, los cuales se analizarán durante el transcurso de la presente investigación, que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de matemáticas, los cuales van profundizándose a medida que el estudiante va avanzando en su proceso educativo, de tal manera que cuando el discente llega a la educación superior estos inconvenientes son de una magnitud considerable, dificultando su capacidad de entender problemas de tipo científico y, en consecuencia, de plantear nuevos conocimientos en esta área.

Uno de estos motivos tiene que ver con la tendencia a enseñar las matemáticas de manera aislada y parcializada, como si no tuviera que ver con las otras áreas del conocimiento, distanciándola del pragmatismo y, por tanto, negando su sentido práctico y significativo. Es así como se hace necesario que los docentes entiendan y enseñen las matemáticas desde una concepción transdisciplinar, más amplia que la actualmente en uso, que responda a las necesidades del mundo actual, permitiendo un acercamiento holístico al pensamiento matemático que redunde en aprendizajes propios y novedosos.

En este orden de ideas la presente investigación aborda el problema en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias matemáticas en las instituciones universitarias de Bogotá, Colombia, específicamente en las escuelas de ingeniería, identificando sus principales causas y planteando soluciones al mismo. Para ello propone aplicar el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas mediado por la realidad aumentada (RA) describiendo su incidencia en el desempeño académico de los estudiantes de pregrado de ingeniería.

Los aportes del presente trabajo pretenden establecer la necesidad de implementar estrategias didácticas novedosas, específicamente la realidad aumentada (RA), que mejoren los procesos académicos de los estudiantes, enriqueciendo la práctica docente y disminuyendo la deserción en las escuelas de ingeniería, con el fin de cualificar la educación y superar una problemática de índole social.

De otra parte se busca aportar a la línea de investigación de cultura y sociedad, articulada dentro del grupo de investigación educativa de la Universidad Santo Tomás, mediante didácticas que potencien los procesos de enseñanza-aprendizaje en los diferentes niveles educativos, a través del uso de la tecnología como herramienta que permite minimizar costos, eliminar las fronteras (temporales, espaciales, geográficas) y potenciar el trabajo colaborativo, propiciando a la vez nuevos estilos de aprendizaje, que medien en la construcción de un saber educativo, pertinente y contextualizado en general, y en las ciencias matemáticas en particular.

Finalmente es la intención de esta investigación que el conocimiento generado trascienda y se materialice en estrategias, propuestas y acciones adicionales que permitan mejorar la calidad del sistema educativo optimizando así las condiciones del proceso enseñanza-aprendizaje para sus actores y beneficiarios, es decir estudiantes, docentes, administrativos y familias.

La presente investigación está conformada por seis apartados principales. En el primero se plantea el problema mediante la descripción de la situación problémica acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias matemáticas, detallando los antecedentes principales, su contexto y los objetivos; el segundo capítulo aborda el marco referencial, las tendencias en cuanto a la enseñanza aprendizaje de las matemáticas a nivel mundial y nacional (estado de la cuestión), así como el marco teórico en cuanto a las perspectivas actuales sobre la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas (transdisciplinariedad), las didácticas emergentes y el rendimiento académico, esto a través de una revisión y análisis documental acerca de la situación actual de la enseñanza- aprendizaje de las matemáticas. En el tercer capítulo se presentan los aspectos metodológicos metodología, además se caracteriza el instrumento de investigación y su tratamiento; en el cuarto capítulo se trata el tema de la presentación y análisis de resultados, para dar paso en el quinto capítulo a la discusión de los mismos, y finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones que surgen de la investigación.

Capítulo Uno. Contexto y Problematicación

*La ansiedad por las matemáticas es bastante común [...] y parte de esa ansiedad proviene de cómo se enseñan.
Deborah Stipek - Universidad de Stanford*

1.1 Tensiones en las didácticas para el aprendizaje de las matemáticas

La sociedad actual en general exige cada vez mayor competitividad y resultados eficientes, eficaces e innovadores, dentro de esta la educación juega un papel fundamental al proponerse como la herramienta principal en el progreso de los pueblos, de modo que la mejora en su calidad resulta un compromiso no sólo deseable sino ineludible e indispensable para los Estados (González & Espinoza, 2018). Es así como se han elaborado e implementado políticas y estrategias para transformar de manera significativa el rol de los participantes en el sistema educativo (no solamente el personal administrativo, docentes y estudiantes, sino que se incluye también métodos, sistemas de evaluación, maneras de implementar la docencia, etc.) con el fin de lograr la construcción de conocimientos y el desarrollo tanto de habilidades como de actitudes pertinentes que permitan el desarrollo apropiado de las actividades de investigación de modo que los discentes tengan las capacidades necesarias para hacer frente a las exigencias que se les presentan, ahora y a futuro (Coraggio, 1998; Barriga & Espinosa, 2001; Viñao & Frago, 2002; Zaffaroni & Braslavsky, 2006; Mangrulkar, Whitman, & Posner, 2001).

Ahora bien, para lograr implementar adecuadamente esta inexorable mejora en la calidad educativa se debe hacer frente al importante problema que resulta ser la falencia en el proceso mismo de enseñanza-aprendizaje (Elliott, 2010). Este proceso se ha caracterizado históricamente por una tendencia hacia varias características, entre ellas el fraccionamiento del conocimiento al considerar la investigación científica desde una epistemología positivista (Díaz Á. , 1997), la atomización del saber, una disciplinariedad¹ en la que se agrupan los saberes en planes curriculares pero de manera aislada, dificultando el establecer relaciones entre ellos (Martínez A. , 2011), lo cual ha resultado en una dificultad para que los estudiantes comprendan y relacionen los conocimientos entre sí, reduciendo así su capacidad para traducir sus saberes en aplicaciones en un campo de conocimiento específico. Esta disciplinariedad trascendió al entorno universitario del siglo XIX, en donde había nacido, y devino en un modelo educativo que

¹ Entendiendo disciplinariedad en el sentido que lo hace Balza (2010), como: “Una lógica científica (...) instalada y posicionada en la médula de nuestras universidades, facultades, escuelas y diseños curriculares, que impide toda posibilidad de diálogo entre las disciplinas” (p. 81).

conservó como característica principal la segregación de las disciplinas entre sí (Jantsch, 1979).

Ahora bien, el objeto de estudio de la presente investigación se enfoca específicamente en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias matemáticas contextualizado en las facultades de ingeniería de instituciones de educación superior de Bogotá, D. C., orientado a tres de sus actores: docentes, estudiantes y sistema educativo. Como se mencionó previamente en la sociedad contemporánea es innegable la importancia de las matemáticas en todos los niveles educativos y su impacto en el desarrollo científico y tecnológico (Brousseau, Educación y didáctica de las matemáticas, 2000; Valerio, 2014), su aprendizaje contribuye a que “el individuo desarrolle recursos cognitivos y metacognitivos” (Campanario, 2000, p 30), lo que a su vez potencia su capacidad del pensamiento (abstracción, determinación de regularidades y generalización) y le permiten desenvolverse con asertividad en la vida diaria y abordar otras disciplinas, llegando a considerarse como el “lenguaje universal” dentro de la alfabetización digital (García J. , La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería, 2013).

Tales características hacen de las matemáticas una ciencia particularmente importante en el ámbito universitario, específicamente en los programas de ingeniería (ACOFI, 2013), ya que a través de la formación científica le suministran al individuo herramientas conceptuales que permiten explicar los fenómenos físicos presentes en su entorno, siendo fundamentales para comprender e interpretar el mundo que le rodea y haciendo factible, a través de su capacidad de resolver problemas, comunicar resultados y obtener soluciones eficientes, la realización de modelos abstractos-teóricos que permiten poner la tecnología al servicio de la humanidad en su intento por transformar el entorno social y natural que le rodean (Ministerio de Educación Nacional, 2003), de este modo el ingeniero entiende al mundo en su diversidad reconociendo los diferentes niveles de realidad (Morin, La mente bien ordenada, 2002; García J. , 2014).

Sin embargo, en cuanto tiene que ver con el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, específicamente en las escuelas de ingeniería, se observa de manera habitual que los docentes siguen empleando estrategias educativas basadas en clases expositivas y en la resolución de ejercicios y problemas relacionados con los temas desarrollados en clase (Cantoral, 2001), lo cual descontextualiza y desarticula esta disciplina, haciéndola ver abstrusa y desconectada de las otras materias, causando en algunos estudiantes prevención hacia su aprendizaje o, por lo menos, la creencia de que es un área agobiante (García J. , 2013). Es así

como no es inusual que el desarrollo de talleres, trabajos o evaluaciones de esta materia sea motivo de protesta por parte de los estudiantes, quienes a causa de un precario proceso enseñanza-aprendizaje pasan a concebir las matemáticas no ya como un proceso de abstracción sino como una disciplina abstracta, alejada de cualquier aplicación práctica (Camarena P. , 2009), de modo que el educando termina realizando los trabajos por compromiso, el deseo y el interés por aprender se desvanecen entre la obligación de cumplir con un requisito y obtener una calificación (Posadas & Godino, 2017; Garcia & Ruiz, 2001).

Al enseñar las matemáticas bajo el constructo de la disciplinariedad, previamente mencionado, termina tratándosele como un currículo aislado sin una relación directa entre sus contenidos y los demás espacios académicos de aprendizaje (MEN, 2006; Cantoral, 2001; López S. , 2016), lo que imposibilita que los estudiantes interpreten la utilidad real de los conocimientos matemáticos y su relación con otras áreas del conocimiento, pasando de ser una herramienta útil a un obstáculo a superar (Chamorro, 2001; López G. , 2014). Al respecto D'ámore, Godino y Fandiño (2008) afirman que esta concepción del proceso enseñanza-aprendizaje aleja y desestimula al estudiante de las matemáticas al plantear el paradigma que la enseñanza de la misma presenta un desfase entre teoría y práctica. De otra parte, no basta con que el docente entienda y domine los contenidos matemáticos, su labor va más allá pues requiere poner en práctica conocimientos didácticos-pedagógicos relacionados y articulados con la materia que enseña (Jiménez, Díaz, & Leguizamón, 2011).

A lo anterior se le suma una metodología de enseñanza basada en la memorización y en el desarrollo de extensos talleres, que dan como resultado preguntas inesperadas por partes de los estudiantes que usualmente quedan sin respuesta, pruebas reprobadas por gran parte de los integrantes de la clase y, al final del semestre, un alto porcentaje de “rajados” en esta área (Cantoral, 2001; Amado, García, Brito, Sánchez, & Sagaste, 2014; Aguilar, De las Fuentes, Rivera, & Iñíguez, 2018; Calvo, 2014; SPADIES, 2015). Surge como corolario entonces la necesidad de que las instituciones educativas de educación superior y los docentes, como encargados directos, se empeñen en la búsqueda de una manera de acercar las matemáticas y su enseñanza a los estudiantes, congregando teoría y praxis, con el fin de brindar una formación que les permita a los discentes desarrollar capacidad básicas, que sirvan de manera eficaz como pilares del conocimiento superior, acrecentando al mismo tiempo su capacidad de aprender a

conocer, aprender a hacer, y aprender a ser (Boaler, 2002; Penalva, Hernández, & Guerrero, 2013).

En cuanto tiene que ver con el desempeño académico de los estudiantes universitarios en matemáticas, éstos continuamente muestran falencias a la hora de alcanzar los logros propuestos (Murillo, 2007; Melo, Ramos, & Hernández, 2017), lo que representa un gran dilema si se tiene en cuenta que gran parte de las situaciones de la vida cotidiana requieren de un pensamiento aritmético (medir, repartir, calcular, contar, permutar, clasificar, ubicar, etc.). Aún más, el pensamiento matemático desarrolla la capacidad para resolver problemas, reflexionar y argumentar, posibilitando la formación de una persona con capacidad crítica (MEN, 2006). Autores como Viale (2014), Romero, Utrilla y Utrilla (2014) y Fonseca y García (2016) citan estos problemas con los que se encuentran los estudiantes como motivo fundamental para que tomen la decisión de desertar de su carrera o migrar a otras que ofrezcan mayor contextualización.

En relación con lo precitado es oportuno mencionar que la mayor concentración de repitencia universitaria se registra en los semestres primero, segundo y tercero (Cortés, Gallego, & Rodríguez, 2011), razón de más para que sea necesario no sólo reforzar la formación en ciencias desde la educación básica, sino también mejorar los sistemas de acompañamiento estudiantil. Otros autores demuestran que la repitencia general en pregrados de ingeniería es del 34% y específicamente en el área de matemáticas es del 47,77%, siendo las materias más reprobadas: matemáticas básicas (57,35%), álgebra lineal (59,33%), cálculo diferencial (47,05%), cálculo integral (42,24%), ecuaciones diferenciales (43,16%) y cálculo vectorial (37,51%) (Acevedo & Fiorentini, 2015; Rodríguez P., 2015; Quintero, Vásquez, Estrada, Torres, & Archbold, 2010).

Al realizar una revisión documental se aprecia como múltiples autores al considerar estos elevados porcentajes han estudiado el fenómeno, pudiéndose dilucidar cinco causas como las principales promotoras del problema, a saber:

- Deficiencia en la adquisición de preconceptos durante la formación escolar básica y media, lo que ocasiona que los estudiantes no logren comprender los contenidos del curso (MEN, 2006; Parada, 2013), los principales preconceptos mencionados son: aritmética, ubicación espacial, razonamiento concreto, entre otros. Ratificando esto, Baquerizo, Amechazurra y Galarza (2014) afirman en su investigación que las causas de la reprobación en esta área están

condicionadas por dos factores primordiales, la carencia de conocimientos en los primeros semestres y los factores económicos. De igual manera Oliver, Eimer, Bálsamo y Civello (2011) determinan que la repitencia en los centros educativos superiores sobreviene como resultado de una falta de articulación con los niveles de secundaria, lo cual se evidencia mediante los resultados de las pruebas nacionales SABER PRO del ICFES (2017a) en las cuales los estudiantes evaluados obtuvieron una puntuación promedio en el área de matemáticas de 51,25 sobre 100 puntos, ubicándolos en una calificación mínima; algo similar sucedió con los resultados de las pruebas SABER 3º, 5º y 9º ICFES (ICFES, 2016) que estuvieron entre 305 y 315 puntos sobre 500, ubicando a los niños valorados también dentro de un nivel mínimo. A su vez, las pruebas intencionales, como lo es la del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) para el año 2015 (MEN-ICFES, 2016), muestran que 66% de los estudiantes que participaron no alcanzaron los objetivos mínimos considerados para esta área del conocimiento.

- Métodos de estudio precarios empleados por los estudiantes (Camarena G. , 2006; Mena, Golbach, & Véliz, 2009) aunado a la falta de organización de tiempo y recursos (Garbanzo, 2007), factores que llevan a la repetición de cursos universitarios². Dentro de este mismo acápite el estudio de Sánchez y otros, (2008) indica que la “libertad” de la que gozan los estudiantes de primer año en universidades es mal utilizada, en general no tienen buenos hábitos de estudio, no son sistemáticos ni perseverantes, argumentos que coinciden con lo expuesto en las investigaciones de Tejada, Villabona y Ruíz (2013) y Román (2013).
- Metodologías de enseñanza poco asertivas aplicadas en los entornos académicos por los profesores que resultan en desmotivación por parte de los estudiantes, haciendo del aprendizaje de las matemáticas una actividad complicada y tediosa (García J. , 2013; Donalísio, Godino, Martín, Martínez, Nieto, & Vallejos, 2008).
- Desarticulación de las estructuras curriculares con respecto a la elección de los cursos que se toman, los contenidos y los pre-conceptos necesarios para abordarlos (Fontalvo, Castillo, & Polo, 2014).

² Con base en la revisión bibliográfica resulta curioso que esto no está relacionado necesariamente con el lugar de procedencia de la secundaria ni con el ambiente social, como se podría pensar.

- Lineamientos institucionales que conllevan a una formación masificada en matemáticas (Rama, 2009) y descontextualizada del perfil del ingeniero (Gascón, 2002; Cantoral, 2001; García J. , 2009; Artigue, 2004).

Todo lo anterior sirve como caldo de cultivo para otro flagelo que azota a la población universitaria: la deserción. De acuerdo con el seguimiento que ejecuta el Ministerio de Educación Nacional, a través del Sistema de Prevención y Análisis a la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES) (2015) ésta fue del 46,1% y específicamente para las carreras de ingeniería fue del 29,18%, convirtiéndose en un problema recurrente en la educación superior, con el que deben lidiar directivos, docentes, estudiantes y padres de familia de los programas de formación en pregrado desde el inicio de la carrera (Murcia & Henao, 2015).

En este punto, luego de revisar los aspectos que conforman la problemática mencionada, se exploran los aportes que desde su práctica docente puede hacer el profesor para ofrecer alternativas que permitan mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias matemáticas, partiendo de la premisa de que el progreso en el desempeño académico de los estudiantes en matemáticas mejoraría si se logra que éstos la conciban como más asequible, útil, amigable, incluso divertida (Fernández, 2011; Bain, 2014). Para ello es necesario cambiar ideas preconcebidas y conceptos fuertemente arraigados (aunque no en todos los casos sin motivos, como vimos anteriormente) acerca de las matemáticas como una disciplina abstrusa, aburrida, sin efectos prácticos, e inhumana (Guzmán, 2007).

Dicho cambio lleva implícito el reto de modificar el constructo del rendimiento académico en su relación con los procesos de aprendizaje (Alonso, Gallego, & Honey, Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora, 1999), teniendo presente que el proceso enseñanza-aprendizaje depende de múltiples factores, en el caso que nos compete los más importantes son las capacidades del dicente para aprender y las capacidades del docente para enseñar (en ambos casos también para desaprender y reaprender).

Cabero (2016), por ejemplo, sostiene que los estudiantes aprenden de manera más efectiva cuando se les aborda con sus estilos de aprendizaje predominante y que el éxito académico depende tanto de las capacidades intelectuales como de factores emocionales o sociales; este mismo autor junto con Lamas (2015) concluyen que el rendimiento universitario está vinculado íntimamente con componentes de la inteligencia emocional como la confianza, la

curiosidad, el autocontrol, la intencionalidad, y la capacidad de comunicación y cooperación. Al respecto Guzmán (2007) aduce que una gran parte de los fracasos matemáticos de los estudiantes tienen su origen en un posicionamiento inicial afectivo totalmente destructivo de sus propias potencialidades en este campo, fomentado, en no pocas ocasiones, por la inconveniente introducción y transmisión de conocimientos por parte de sus maestros³.

De tal manera se hace evidente la necesidad de promover una visión del aprendizaje que permita que todos los alumnos se sientan incluidos y capaces de aprender matemáticas potenciando las habilidades que poseen, haciéndose imprescindible utilizar la mayor cantidad posible de estrategias de enseñanza para atender a los distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes (Espinosa, González, & Hernández, 2016). Es así como se propone recurrir a las Tecnologías la Información y la Comunicación (TIC), tan omnipresentes en la actualidad, como “un nuevo modelo que abre paso al desarrollo social, cultural y educativo” (Gutiérrez, Buitrago, & Ariza, 2017, p. 142); éstas gozan de gran aceptación por parte de los discentes y de los maestros, al ofrecer la posibilidad de conocer, aprender y construir, siendo una herramienta formidable que facilita la información, el conocimiento y el aprendizaje de una manera lúdica.

Para el caso de las Matemáticas, el uso de la tecnología no hace parte activa del aprendizaje como constructora de conceptos y de aplicación de los mismos, sino que está dedicada especialmente para graficar, calcular, solucionar ecuaciones, dejando de lado su poder constructor de conocimiento. Es evidente que el uso de las TIC proporciona un recurso fundamental en el aprendizaje de las matemáticas, al eliminar los límites de tiempo y espacio, pues tiene la ventaja de poder aplicarse no sólo al interior de las instituciones educativas sino fuera de ellas, en lugares previamente considerados ajenos a la educación (Sefton-Green, 2006). Las TIC, resultan muy útiles a la hora de enseñar y aprender matemáticas, específicamente cuando se deben abordar problemas relacionados con representaciones simbólicas.

Una oportunidad para aportar en estas problemáticas la enuncia el informe Horizon (2012-2017), que confirma el impacto potencial de las TIC en la educación superior iberoamericana (Durall, Gros, Maina, Johnson, & Adams, 2012), eligiendo a Realidad Aumentada (RA) como una de las 12 tecnologías que pueden apoyar la enseñanza, el aprendizaje

³ Es pertinente señalar que el proceso enseñanza-aprendizaje no es infalible. Como bien lo saben los profesionales de la enseñanza en ocasiones por mucho que se esfuercen las partes involucradas o a pesar de la buena disposición de un docente, con cualidades excelentes en cuanto a pedagogía y a conocimiento, el proceso no rinde los frutos deseados. La idea es, como expresa Cabero (2016), llegar al mayor número de estudiantes de la manera más efectiva posible.

y la investigación o la gestión de información⁴. En la presente investigación se recurre precisamente a esta tecnología como el instrumento idóneo para lograr el acercamiento al proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.

El término Realidad Aumentada encuentra una definición muy precisa y acertada en el artículo de Vidal, Lío, Santiago, Muñoz, Morales y Toledo (2017):

El término de Realidad Aumentada (RA) - o *Augmented Reality* (AR) – [...] mezcla el entorno real (lo que se puede apreciar en la realidad) y el virtual (existente sólo de forma aparente, sin ser real). Es un modo de poder interactuar con la realidad física en tiempo real. Se usa para definir una visión a través de un dispositivo tecnológico, directa o indirecta, de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Esta tecnología integra señales captadas del mundo real con señales generadas por computadoras, las hace corresponder en la construcción de nuevas realidades coherentes, que se complementan y coexisten en el mundo real y el mundo virtual, enriqueciéndose las experiencias cognitivas en el orden visual y mejora sin dudas la calidad de la comunicación en el contexto en que se desempeñan estudiantes y profesores [...]

Define de manera perfecta y casi literal lo que logramos con la combinación de una visión de un entorno del mundo real y el aporte de elementos virtuales para crear una nueva imagen o "nueva realidad". Para lograrla se emplea un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente y convierten la información sobre el mundo real alrededor del usuario en un ambiente interactivo y digital. Aunque esta definición se parece a la de realidad virtual no es lo mismo, y la mayor diferencia radica en que la realidad virtual sustituye por completo a la realidad física o mundo real. Expresado de otra forma: **la realidad aumentada lleva la**

⁴ Dentro de estas 12 tecnologías el informe discrimina por tiempo propuesto para su integración de la siguiente manera: Horizonte de implantación de un año o menos: Aplicaciones móviles, computación en la nube, contenido abierto, y entornos colaborativos; Horizonte de implantación de 2 a 3 años: Analítica de aprendizaje, aplicaciones semánticas, cursos masivos abiertos en línea, y realidad aumentada; Horizonte de implantación de 4 a 5 años: Aprendizaje basado en juegos, tabletas, entornos personales de aprendizaje, y Geolocalización. Sin embargo, el informe también aclara, que su adopción exitosa depende de la capacitación docente y del desarrollo de metodologías en las que se evidencie el potencial de estas tecnología para la docencia y el aprendizaje (Durall & otros, 2012).

información dentro del mundo real del usuario en vez de llevar al usuario dentro del mundo virtual del ordenador⁵ (pp. 1, 9).

Con respecto a las matemáticas el aporte que hace la RA al análisis simbólico es evidente en vista de sus características, ya que esta TIC se deriva de la realidad virtual incluyendo modelos virtuales gráficos 2D y 3D en el campo de visión de la persona, pero como lo mencionan Vidal y otros (2017) no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino que al mundo real que ve el individuo lo complementa con la superposición de información virtual, de modo que la persona jamás pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista (como sucede en el caso de la realidad virtual) y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta, es decir centra su atención en el objeto y no en la tecnología (Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche, & Olabe, Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente, 2010).

Siendo así la RA amplía las posibilidades de la experiencia didáctica puntualmente ya que:

- Dota a los libros y material impreso de contenido virtual (objetos 3D, imágenes, vídeos, voz, etc.) aumentando la curiosidad y el interés del lector.
- Propicia nuevas formas de representación tridimensional y/o de visualización espacial, aplicables a la comprensión de conceptos abstractos (como sucede con el aprendizaje de las matemáticas), procesos prácticos o de objetos demasiado grandes o pequeños para ser manipulados cotidianamente.
- Brinda la posibilidad de responder a las acciones de los estudiantes, lo que le confiere un potencial para el aprendizaje, la creación y la evaluación a través de la interacción con objetos virtuales (la interactividad de la que adolece el proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, y que reclaman usualmente estudiantes y docentes).
- Al combinarse con la geolocalización proporciona experiencias de aprendizaje fuera del aula, más contextualizadas y basadas en el descubrimiento; además las aplicaciones de RA en dispositivos móviles, en combinación con software colaborativo, favorecen la construcción social del aprendizaje en interacción con el entorno físico (Rodríguez & Rojas, 2017).

⁵ Negrilla añadida para enfatizar en la confusión que usualmente se presenta entre realidad virtual y realidad aumentada.

Dentro de las ventajas que brinda la RA es importante destacar que los sistemas de aprendizaje basados en ella proporcionan información detallada a las personas que desarrollan varias tareas al mismo tiempo como es el caso de los estudiantes de ingeniería (Kalawsky, Hill, Stedmon, Cook, & Young, *Experimental research into human cognitive. Processing in an augmented reality environment for embedded training systems*, 2000), promoviendo la adquisición de la habilidad espacial y práctica, la comprensión conceptual y la investigación gracias a las cualidades que posee (Chen & Tsai, *Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools*, 2012). Varios estudios acerca del empleo de esta TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje han concluido que el uso de entornos de RA durante las clases puede servir como motivación adicional para los estudiantes y permitir posibilidades de aprendizaje colaborativo alrededor de contenidos virtuales en entornos de aprendizaje dinámicos (Cuendet, Bonnard, Do-Lenh, & Dillenbourg, 2013; Matt & Mitchell, 2012; Wojciechowski & Cellary, 2016; Bujak, Radu, Catrambone, MacIntyre, Zheng, & Golubski, 2013).

Así mismo se encuentran evidencias significativas de que los estudiantes responden con actitudes favorables al uso de la RA, lo que se manifiesta en un aumento de motivación a la hora de afrontar actividades que conducen al aprendizaje (Bressler & Bodzin, 2013; Kamarainen, y otros, 2013; Di Serio, Ibáñez, & Delgado, 2013), al favorecer un contexto constructivista en su formación que posibilita, a su vez, un entorno dinámico de enseñanza (Chen & Tsai, *Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools*, 2012; Wojciechowski & Cellary, 2016; Fombona, Pascual, & Madeira, *Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles*, 2012), lo que redundará en una influencia positiva en su desempeño académico (Bongiovani, 2013; Chang, Wu, & Hsu, 2013; Kamarainen, y otros, 2013, como se citó en Cabero 2016).

1.2 Pregunta-problema a investigar

De acuerdo con todo lo previamente mencionado, teniendo presente que las ciencias matemáticas están presentes de múltiples formas en la vida cotidiana y que la razón fundamental de incluirlas en los currículos radica en las habilidades y competencias de carácter genérico o específico que se adquieren con su aprendizaje con las cuales el estudiante enfrentará las situaciones que se presentan en su entorno, se hace necesario plantear una propuesta que permita entenderlas en contexto, la cual se plasma en la siguiente pregunta de

investigación:

¿Qué incidencia tiene sobre el desempeño académico de los estudiantes de pregrado de programas de ingeniería el emplear la realidad aumentada como instrumento de mediación en el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Fundamentar el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas mediado por realidad aumentada y su incidencia en el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería en programas de pregrado.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar el aprendizaje de las ciencias matemáticas desde el enfoque transdisciplinar en espacios académicos de pregrado de escuelas de ingeniería.
- Determinar si al implementar la realidad aumentada como mediación didáctica se generan espacios de aprendizaje transdisciplinar en las escuelas de pregrado de ingeniería.
- Aportar en la innovación de didácticas emergentes para la enseñanza de las ciencias matemáticas en programas de ingeniería.

Capítulo Dos. Marco de Referencia

*La esencia de las matemáticas no es hacer las cosas simples complicadas,
sino hacer las cosas complicadas simples*
Gudder, S. Matemático

En este capítulo se aborda el marco referencial de la investigación desglosado en dos partes principales: el estado de la cuestión, en el cual se expone desde un enfoque general los antecedentes y la comprensión actual del tema tratado desde diferentes perspectivas, y el marco conceptual y categórico en el cual se presentan las teorías y el saber epistemológico que los cuales cimentan la elaboración del presente trabajo.

2.1 Estado de la cuestión

En este apartado se describen inicialmente algunos aspectos generales de la inclusión de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en el ámbito académico y en la enseñanza de las matemáticas, para luego hacer énfasis en el uso de la realidad aumentada (RA) como estrategia para la enseñanza-aprendizaje en la educación, específicamente la educación matemática, aspectos que ponen de relieve la importancia y pertinencia de profundizar en el tema de las didácticas mediadas por las TIC y su incidencia en el desempeño académico de los estudiantes.

Es evidente que la inclusión de estas tecnologías como estrategia didáctica puede aportar significativamente al proceso de enseñanza y aprendizaje convencional (Hernández N. , 2016) entre otras cosas gracias a la facilidad que brindan en cuanto al acceso a la información que tienen maestros y estudiantes. En este sentido el desarrollo de las nuevas tecnologías presenta un desafío, a la vez que una posibilidad, frente la forma tradicional de concebir y utilizar tanto el material pedagógico como los métodos y los enfoques de la enseñanza y del aprendizaje.

La inclusión de las Tecnologías de Información y Comunicación en el campo de la educación es un hecho por el aporte que representan, como quedó evidenciado en el capítulo anterior, ahora es necesario destacar las ventajas y también los inconvenientes que presenta su utilización al interior de las aulas como mediación en el aprendizaje (Cabero, 2017), como también responder inquietudes acerca de temas como cuál es la mejor forma de potencializar su provecho, cual es la incidencia en el desarrollo cognitivo del alumno, cómo favorecen sus procesos de pensamiento y cómo inciden en la continua transformación de los currículos educativos (Posadas & Godino, 2017).

Siguiendo este razonamiento dentro de las múltiples ventajas relacionadas con el uso de las TIC en el aprendizaje se pueden mencionar que:

- Suscitan la creatividad al proporcionar recursos de textos, imagen y sonido integrados,
 - Proveen la motivación y el interés por parte del estudiante,
 - Permiten el desarrollo de habilidades y destrezas facilitando así el proceso de enseñanza y construcción de aprendizaje,
 - Propician el hecho de acceder más fácilmente a la información, al desarrollo de habilidades y destrezas y a la formación de actitudes y valores,
 - Promueven la relación docente-alumno al minimizar las limitaciones espacio-temporales que están implícitas en el aula,
 - Minimizan costos al permitir el análisis de diferentes aspectos que sólo requieren la conexión a la red,
 - Contribuyen al aprendizaje significativo,
 - Facilitan la inclusión de la enseñanza mediante actividades de alto potencial didáctico que favorecen el aprendizaje significativo del estudiante, el aprendizaje colaborativo y la alfabetización digital, y
 - Potencian el aprendizaje colectivo y colaborativo (Prieto, 2011).

Con relación a los inconvenientes que pueden presentarse en torno al uso de las TIC en el aula cabe mencionar que debido a que la información disponible en la red o en recursos tecnológicos es diversa y múltiple, el estudiante en algunas ocasiones no tiene la capacidad de precisarla pudiendo manejarla de manera errada, también puede no tener criterios suficientes para diferenciar información confiable de la falsa, lo que implica un aprendizaje superficial e incompleto al centrar la atención en el medio y no en el fin, además la diversidad es tan extensa que puede terminar perdido en la multiplicidad de chats, foros, etc. (Ruíz, Santos, Carramolino, & García, 2008; Moreira, ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?, 2012a; Ávila & Erazo, 2011). Sin embargo, estas dificultades pueden corregirse mediante la adecuada orientación del docente quien dirija al estudiante hacia la correcta utilización de los recursos TIC implementados para su formación adecuada.

Ya en el ámbito de las ciencias matemáticas algunos estudios revelan que el uso de TIC potencializa el desarrollo de destrezas específicas en esta área, como es el caso de aprovechar los efectos de tecnologías como animaciones, simulaciones, ingeniería móvil, para representar

conceptos abstractos que a menudo no sería posible estudiar y comprender con los métodos tradicionales (Bustos & Román, 2011). Así mismo el uso de hojas de cálculo permite entender secuencias y relaciones, y el uso de software de modelación permite desarrollar habilidades de programación y entender consecuencias dada una hipótesis de trabajo o una situación problemática (Escardíbul & Mediavilla, 2016).

En resumen, aunque los estudios mencionados demuestran resultados positivos ante el impacto del uso de las TIC como mediación pedagógica, carecen de un factor de determinación, ya que muchos surgen de la percepción subjetiva de aprendizaje de los estudiantes y profesores por lo cual resulta complejo extraer conclusiones. Adicionalmente en muchos de ellos el resultado se presta a confusión ya que no es posible aislar el uso de las TIC de los demás recursos usados por los profesores para desarrollar las destrezas en sus estudiantes, por lo que los efectos positivos mencionados en los procesos de aprendizaje podrían ser consecuencia de la combinación de varios recursos (Area & Sanabria, Opiniones, expectativas y valoraciones del profesorado participante en el Programa Escuela 2.0 en España, 2014; Botello & López, 2014).

Al respecto, la investigación desarrollada por Wengslinky (1998, citado por Hemphill, 2011) se concentró en la medición de la relación entre el uso de la tecnología y los resultados obtenidos en la prueba de matemáticas aplicada en Estados Unidos, conocida como *National Assessment of Educational Progress* (NAEP). Los resultados indican que la principal diferencia no radica en la frecuencia con que se usan sino en el modo como se usan, concluyendo que existe un impacto positivo en el aprendizaje condicionado a la forma como es usada la tecnología, sin embargo este estudio carece de la capacidad de diferenciar si existen otros factores que influyan en esta mejora (Martínez & Torres, 2017).

El estudio de Del Moral, Villalustre y Neira (2014) determinó la relación entre el uso de las TIC y la motivación y concentración del estudiante, factores que influyen directamente en los procesos de aprendizaje, concluyendo que el uso adecuado de las TIC crea escenarios propicios para un aprendizaje dinámico e interactivo. En consecuencia, el uso de las TIC como mediación pedagógica puede marcar la diferencia en los procesos de aprendizaje siempre y cuando el estudiante cuente con las habilidades, competencias y actitudes adecuadas frente a su uso.

En este orden de ideas y de acuerdo con los estudios de Hermosa (2015) y de Área, Hernández y Sosa (2016) se pueden plantear algunas indicaciones concretas que potenciarían el beneficio del uso de las TIC en el proceso de enseñanza:

- Garantizar el acceso a recursos físicos de calidad, es decir pertinencia de la tecnología. Es evidente que mejores condiciones de trabajo en este sentido permiten obtener resultados significativos en los estudiantes,

- Comprender claramente que las TIC ofrecen un mayor número de recursos para afrontar el proceso de enseñanza aprendizaje de cada disciplina,

- Reconocer los beneficios del buen uso de las TIC en la aprehensión de conocimientos, en el desarrollo del pensamiento y en el fortalecimiento de las habilidades comunicativas,

- Tener certeza con respecto a cuándo y cómo usar las TIC, y

- Capacitar a los docentes en el uso y manejo de TIC.

En los escenarios educativos de Colombia las TIC emergen con la llegada de las computadoras a finales de los años 60, con lo que se evidencia un cambio en las formas de acceder a la información, aprender de ella y procesarla, luego, en los años 90 se establece la multimedia en el país y llega la red de redes, generándose la ubicuidad de la información, recortando fronteras y ampliando las oportunidades de comunicación; paralelo a ello se presenta la reorganización del sector de las telecomunicaciones, el cual dentro de sus múltiples intereses potencia el impulso de las TIC, situación que es aprovechada por el sector de la educación (Barón & Gómez, 2012).

Así pues se presenta el desarrollo de la informática educativa en el campo de la producción académica con la conformación de grupos como: Nodo Colombia de la Red Iberoamericana de Informática Educativa (Ribie) en 1991, el grupo de investigaciones Conexiones de la Universidad EAFIT que toma como objeto el estudio las TIC; el Laboratorio de Investigación y Desarrollo sobre Informática en Educación -LIDIE- de la Universidad de los Andes que diseña proyectos como Ludomática y Congenia, entre otros (Parra, 2010).

Lo anterior lleva al reconocimiento de la llamada alfabetización digital, es decir al aprendizaje de destrezas de manejo funcional de las TIC, lo cual implica fundamentalmente la capacidad de dominar las aplicaciones TIC más relevantes; las políticas públicas en educación han conducido las TICs sobre todo en países en desarrollo donde el acceso a éstas en el hogar es todavía limitado. Al respecto los datos proporcionados por la prueba PISA para el año 2015 muestran que en promedio en los países de la OCDE hay un mayor acceso a las TIC destinadas al aprendizaje en el hogar que en el colegio, otro dato relevante es el proporcionado por el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) que evidencia que

mientras en los países desarrollados la posibilidad de acceso es menos del 10% en los más desarrollados la cifra aumenta a 49% (Martin, Mullis, Foy, & Stanco, 2012).

En el contexto educativo y pedagógico se da preponderancia al fortalecimiento cognitivo proponiéndose las políticas de informática educativa y surgiendo las líneas de investigación relacionadas con temas como los modelos para la evaluación del impacto, las metodologías para la implementación y profundización en la conceptualización, los parámetros para la utilización de TIC, entre otros. Dichas contribuciones constituyeron un gran aporte para el avance y evolución de la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza – aprendizaje en el país (Cabero & Llorente, 2015).

A nivel internacional la medición de estas destrezas se realiza a través de diversos instrumentos⁶ aunque principalmente con fines de certificación más que de investigación (García, Basilotta, & López, 2014), y los estudios con relación a este tema se han enfocado en la auto-percepción que tienen los estudiantes acerca de las destrezas o confianza en el uso de ciertas aplicaciones de las TIC y en sus entornos digitales, mostrando diferentes niveles de integración a la cultura digital, y poniendo en evidencia lo que se ha llamado la “segunda brecha digital”, es decir la capacidad de los estudiantes de dar un uso productivo a las TIC (Boude & Medina, 2011).

Continuando con la aplicación de las TIC como estrategia didáctica en educación se abordará en este punto aquellas relacionadas específicamente con la Realidad Aumentada (RA), identificando los aportes y desarrollos investigativos, lo que ha de sustentar la pertinencia del presente estudio y sus oportunidades de desarrollo. La Realidad Aumentada (RA) es una derivación de la realidad virtual que emerge como una tecnología en la que se interrelacionan imágenes reales e imágenes virtuales generando así un ambiente mixto, con el fin de facilitar la apropiación y la accesibilidad del conocimiento (Buitrago, 2013).

Ya desde el año 68 se dieron las primeras apariciones públicas básicas de la RA y desde entonces su avance ha sido vertiginoso y sus posibilidades de uso se han extendido a campos tan diversos como la publicidad, las bellas artes, el entretenimiento, y la educación, entre otros. Básicamente mediante el uso de una cámara y mediado por el uso de un software específico (o

⁶ European Computer Driving License (ECDL), conocido como ICDL fuera de Europa que provee certificación en destrezas TIC en distintos niveles. El Internet and Computing Core Certification (IC³) que cubre un amplio rango de conocimiento y destrezas TIC en tres áreas, llamadas fundamentos de computación, aplicaciones claves y vivir en línea. La Nets online technology assessment (ISTE- Microsoft) donde se miden destrezas para dominar algunas aplicaciones como usar procesador de textos, crear presentaciones, usar buscadores en la Web, utilizar hojas de cálculo y el e-mail.

aplicación -App- si se trata de un teléfono celular), que reconoce los marcadores o el posicionamiento del dispositivo, activando así el proceso, se obtiene información adicional de la observación de un entorno en la forma de un video, una imagen, un audio, o un enlace.

Si se habla de su aplicación en la educación se pueden mencionar características tan importantes como la motivación a los estudiantes (la información que se transmite es más fácil de comprender, por su formato de presentación transforma al ambiente de aprendizaje en un lugar interesante y emocionante), su capacidad de interacción (al ofrecer participación activa y recíproca produce en los discentes sentimientos de satisfacción que aumentan la capacidad de aprendizaje y la retención del conocimiento), y el eliminar barreras de tiempo y espacio (los contenidos simples y poco atractivos o aquellos lejanos o inaccesibles para los estudiantes se pueden materializar y manipular con ayuda de las aplicaciones que ofrece la RA).

Para vislumbrar el estado de la cuestión actual de la RA en la educación se empleará como hilo conductor del análisis la categorización de las implicaciones que dicha tecnología ofrece, para lo cual se dividió el estudio en cinco categorías que se presentan a continuación.

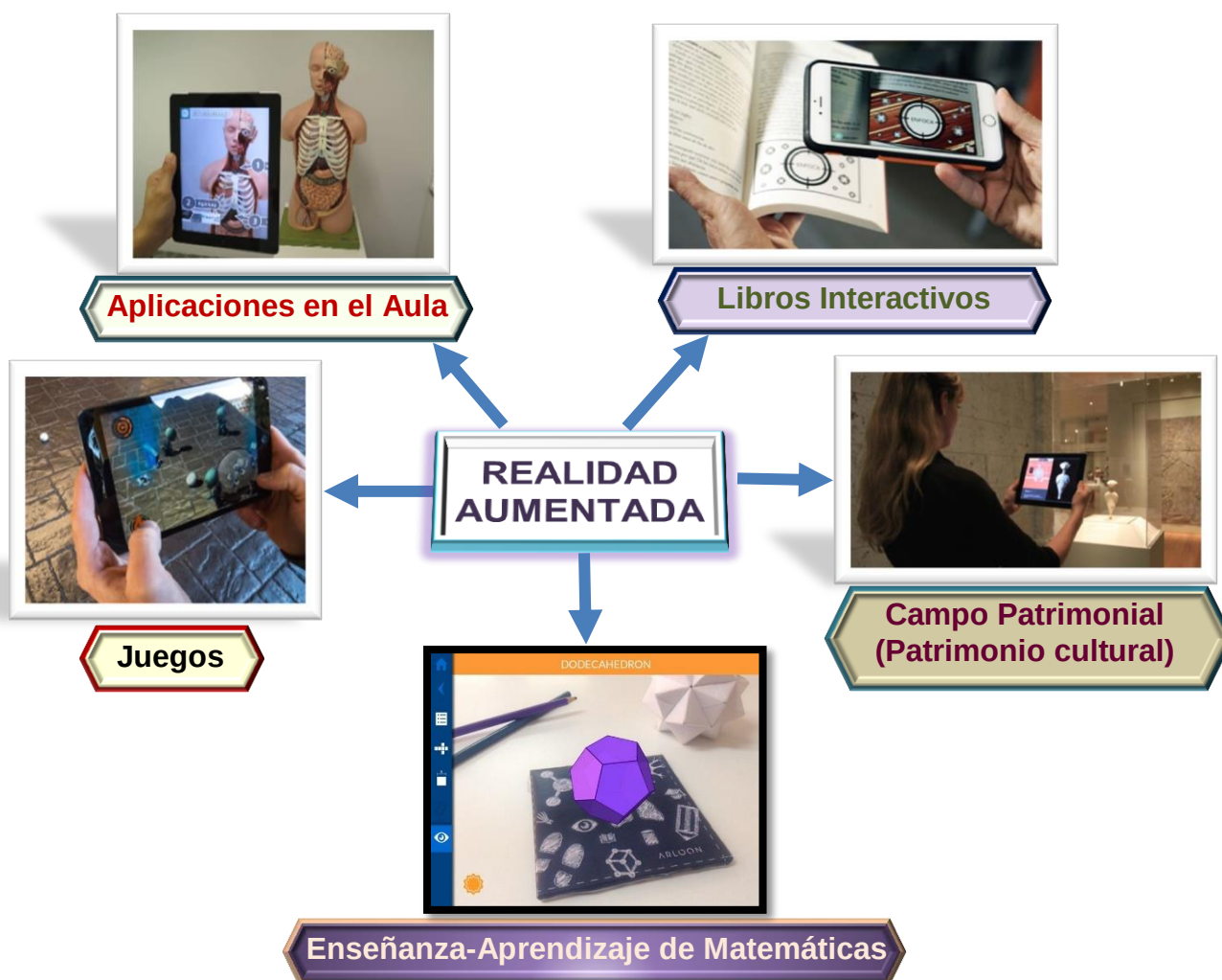


Ilustración 1. Categorización de la realidad aumentada de acuerdo con sus aplicaciones. Fuente: Elaboración propia.

En la primera categoría de esta revisión acerca de las aplicaciones más comunes de la RA están los libros interactivos de suma utilidad en las aulas, ya que a través de ella los contenidos de los libros pasan inmediatamente de la segunda a la tercera dimensión de modo que las imágenes adquieren volumen e incluso sonido, permitiendo que el lector interactúe activamente con el libro. Estos contenidos visuales y con sensación de “palpabilidad” reinventan la forma en que se conocían los libros hasta finales del siglo 20, resultando muy atractivos y más sencillos de asimilar y recordar por los estudiantes que la misma información escrita. Un ejemplo de éstos son los Ar-Books (Augmented Reality Books) que enriquecen la experiencia pedagógica de un libro de texto, al integrar videos, animaciones, audios o imágenes que aparecen al visualizar el libro mediante un dispositivo electrónico que puede leer códigos QR⁷ para iniciar la interacción. En el campo de la enseñanza está el software Realitat como proyecto de aula que se basa en la interacción de múltiples objetos de RA, éste le brinda una oportunidad al estudiante de obtener un mejor entendimiento y perspectiva de las asignaturas educativas y aumentar su motivación por el estudio de diferentes áreas. Está enfocado principalmente a la geografía y ciencias naturales y para los profesores esta mediación ofrece la posibilidad de una adaptación a las necesidades pedagógicas que surgen en el aula de clase, ofreciendo motivación como estrategia didáctica, para los alumnos también constituye una fuente de interés y mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje, representado en la mejora de desempeños y en las notas (Vian, 2011).

Al emplear la RA en libros, complementando la información, se logra una mayor implicación y motivación por parte del alumno, el cual adquiere un nuevo concepto acerca del aprendizaje; por su parte el docente potencializa las oportunidades de enseñanza mediante una herramienta formidable que ofrece ingentes posibilidades.

La segunda categoría está conformada por los trabajos centrados en emplear la RA en el campo patrimonial permitiendo través de un teléfono celular o una tableta ampliar de forma inmediata la información disponible acerca de “espacios museísticos, arqueológicos y

⁷ Un código QR (código de respuesta rápida) es un tipo de código de barras de dos dimensiones diseñado para ser leído por los móviles inteligentes. El código consta de módulos negros dispuestos en un patrón cuadrado sobre un fondo blanco. La información cifrada puede ser texto, una URL u otro tipo de datos (Shin & Chang, 2012, p. 1417).

monumentales” (Ruíz, 2015, párr. 4). En la Universidad de Granada el profesor David Ruíz Torres emplea esta tecnología con gran aceptación como una herramienta capaz de ofrecer resultados satisfactorios con respecto al Patrimonio Cultural por su carácter altamente didáctico y por su capacidad de combinar el mundo real con el mundo virtual creando entornos aumentados de gran realismo para el visitante. Dentro de los aportes de esta experiencia se tiene el hecho de observar el Patrimonio Cultural con una nueva óptica, en la que prima la variedad del discurso interpretativo y el conocimiento y puesta en valor del mismo, evidenciando que la RA permite acceder a un conocimiento más amplio y diversificado en tiempo real.

Siguiendo esta línea Redondo, Sánchez, Narcís & Regot (2012), en la Universidad de Barcelona, ahondan en la exploración de la ciudad como aula digital, enseñando urbanismo y arquitectura mediante Mobile Learning y la realidad aumentada, reafirmando de este modo como las nuevas tecnologías de la información y comunicación se incorporan en los procesos educativos, añadiendo motivación, agilidad y movilidad y mostrando que tienen una enorme capacidad de usabilidad, incrementando el rendimiento académico, la rapidez y agilidad en la adquisición de conocimiento al hacer uso de las competencias gráficas.

Otra aplicación de la misma naturaleza la muestran Granollers, Lorés, Raimat, Junyent, & Tartera (2002), utilizándola en la visita a un yacimiento arqueológico y proponiendo la construcción de un nuevo Modelo de Diálogo (Aumentado) que introduce la localización como atributo agregado, buscando aumentar la usabilidad y accesibilidad del estudiante de arqueología. Con esta experiencia se contribuye a una mejor comprensión de la estructura del terreno, de sus características (físicas e históricas), al aumento del grado de satisfacción de los estudiantes y visitantes (con respecto al reconocimiento del lugar y sus características), a la comprensión de las temáticas, resultando en una agradable interacción digital para el aprendizaje de la historia.

En el contexto nacional colombiano, Diego (2014) con su experiencia de aula en la península de la Magdalena muestra un trabajo colaborativo, realizado junto con 29 estudiantes de sexto de primaria, logrando concienciar a sus estudiantes de la importancia histórica, cultural y ambiental de éste sitio, investigar los espacios, edificios y monumentos más importantes que forman el complejo, generar contenido de interés cultural y divulgativo, además de didáctico y educativo consolidado en un texto digital.

La tercera categoría es atinente a otro recurso muy utilizado en la educación como son los juegos de RA que favorecen las relaciones con el objeto de conocimiento porque los estudiantes pueden interactuar de una forma directa con él y realizar modificaciones, éstos son conocidos como “*edutainment*”⁸ que mezclan juegos y educación, siendo un concepto que involucra la incorporación de recursos didácticos de RA para motivar y facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje con un doble propósito: educar y entretener (Rosin, 2006). Con relación a estos se pueden mencionar “*Environmental Detectives*” del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), que fue el primer juego de RA, dirigido a estudiantes de secundaria y universitarios (Klopfer & Squire, *Environmental Detectives - the development of an augmented reality platform for environmental simulations*, 2008) en el que los estudiantes desempeñan el papel de ingenieros ambientales. A partir de la visualización de un video digital de 60 segundos investigan el derramamiento de una toxina, un agente desengrasante carcinogénico que se encuentra comúnmente en talleres mecánicos, cafeterías y hospitales, el objetivo del juego es localizar la fuente del derrame, identificar los responsables, diseñar un plan de solución e informar al presidente de la Universidad sobre cualquier riesgo de salud, todo dentro de un límite de dos horas. La propagación de la toxina se simula en una PC de bolsillo que funciona como una herramienta que los estudiantes pueden usar para investigar el derrame tóxico, ellos deben analizar y priorizar la información por cuestiones de tiempo. Al final del juego, los estudiantes hacen una presentación de cinco minutos a sus compañeros delineando su teoría detrás del derrame: características del químico, lugar del derrame, riesgos, aspectos legales y soluciones, el fin educativo de este proyecto es aprender investigando, empleando la parte lúdica como mediación pedagógica.

Otro videojuego notable que utiliza la RA es el propuesto por Pérez, Álvarez, Molero, López & Gásquez (2015) el cual recurre primero a recabar información detallada y en segundo lugar a identificar las habilidades cognitivas. El juego posibilita las interacciones de los alumnos con sus propios compañeros en el contexto real del aula, al mismo tiempo la aplicación recompensa conductas no violentas. Las características principales de este juego de RA son:

- a) El proceso de aprendizaje se produce en un ambiente sin peligros ni críticas.

⁸ Es una palabra combinada inglesa que está compuesta por *education* y *entertainment*, y da a entender la combinación entre formación y entretenimiento.

b) Cuando se gana destreza en el juego, aumenta el desarrollo de estrategias de anticipación y el desarrollo de estrategias de acción.

c) Existe una definición clara de los objetivos, lo que aumenta la motivación.

d) Se cuenta con contigüidad o conexión entre los estímulos y las respuestas lo que mejora el aprendizaje que se persigue.

e) Facilita la interacción con los demás sin ajustarse a jerarquías, propiciando en este caso la interacción con todos los jugadores.

f) Busca la focalización de la atención al implicar directamente en la acción al sujeto, así como al otro(s) jugador(es).

g) Proporciona prácticas diversas sin caer en el aburrimiento, ya que en cada momento la situación es diferente y el jugador con el que se interactúa puede cambiarse de acuerdo con su capacidad para responder a retos como contestar preguntas académicas en función del propio interés para ganar en el juego.

En resumen, estos juegos educativos posibilitan modelar objetos gracias a la RA, siendo una oportunidad para estudiantes y profesores de idear, construir y colocar objetos en distintos escenarios para estudiar su comportamiento, impulsando nuevas mecánicas de estudio.

La cuarta categoría se centra en evidenciar las aplicaciones de la RA en el aula. Dentro de estas está la de Sánchez (2011) quien lleva a cabo una experiencia en el instituto SEK, del Colegio internacional del Ecuador, denominado “De la ciudad al campo”, utilizando un generador de modelos 3D para conseguir que los alumnos diseñen sus propios cuadernillos de modelos de RA en el sistema de dibujo axonométrico, posteriormente cada diseño es compartido en red con lo que se potencia el trabajo colaborativo. La aplicación fomenta el aprendizaje del dibujo técnico empleando RA auspiciando el manejo y estimulación de las capacidades espaciales (Kangdon, 2012), además este ejercicio permite que el estudiante cree su propio código QR basado en sus necesidades de aprendizaje y que a su vez genere material para el aprendizaje de los demás compañeros, el aprendizaje se da dentro y fuera del aula dando un uso formativo a las TIC ofreciendo una alternativa de aprendizaje novedosa y llamativa. El material elaborado sirve de repaso para complementar el aprendizaje propio y de otros grupos de trabajo.

En éste mismo ámbito se encuentra el estudio efectuado por Fuster (2016), en la Universidad de Cataluña, en el que emplea varias aplicaciones de RA con software de modelado 3D para mejorar la capacidad espacial del alumnado de ingeniería y diseño. Se trabaja con dos

grupos, uno que realiza las actividades normales programadas en el curso de sistemas de representación y otro que realiza actividades de modelado 3D a través de un análisis estadístico comparativo. Curiosamente los resultados en este caso específico demostraron que al aplicar la RA en el grupo experimental no se evidenció una mejoría en la habilidad espacial, ya que los estudiantes no tenían buenas bases de dibujo ni dedicaron el tiempo suficiente al desarrollo de las actividades, implicando que el uso de esta tecnología no tiene los resultados deseados si el estudiante no se esfuerza, muestra dedicación y se responsabiliza.

Por su parte Zárate, Mendoza, Aguilar & Padilla (2013) desarrollaron marcadores de RA que permiten incorporar, a través de la cámara, una serie de objetos en el entorno real de un laboratorio de química para realizar prácticas de química básica con el objetivo de mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje e incrementar el nivel académico de los estudiantes de nivel Secundaria. Este modelo permite también construir modelos y objetos de laboratorio y editar su calidad dependiendo de las necesidades. El resultado es que los estudiantes conocen a fondo los elementos del laboratorio, pudiendo acceder a ellos desde cualquier lugar donde tenga acceso a la tecnología, estudiar sus aplicaciones con conexiones a la red y realizar prácticas simples de reconocimiento aprovechando las bondades de la RA.

Finalmente, la quinta categoría se centra en el uso de la RA en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. En esta sobresale el trabajo desarrollado por Riveras, Quispe & Montalvo (2011) con su proyecto basado en la experiencia de la RA e inteligencias múltiples en el aprendizaje de las matemáticas, con el cual se busca contribuir a elevar el nivel de aprendizaje de la matemática en los alumnos de tercer grado de educación primaria en el Perú, buscando contribuir a la solución del problema de rechazo a esta ciencia y aumentar el bajo desempeño académico que manifiestan generalmente estos menores. Los resultados mostraron que la aplicación de la RA proporciona un acercamiento al aprendizaje de las ciencias matemáticas potenciando el proceso enseñanza-aprendizaje y afianzando las demás inteligencias, así como mejorando el rendimiento académico, lo cual pone de manifiesto que mediante la potenciación de las habilidades matemáticas se pueden incrementar otras capacidades como la lectura y la escritura.

Así mismo Palma, Sánchez & Mora (2014) desarrollaron el proyecto educativo Aplicación Móvil con RA para apoyar la enseñanza de las matemáticas en educación secundaria, teniendo en cuenta que históricamente es una de las áreas de estudio que más dificultad presenta

para los estudiantes. Esta aplicación estimula el aprendizaje en los estudiantes y al mismo tiempo apoya a los profesores en la enseñanza de las matemáticas en el nivel secundaria a través de la resolución de ejercicios relacionados con el tema elegido, antes y después de utilizar la aplicación, para comprobar la efectividad del estímulo en el aprendizaje de los alumnos. Como conclusión del trabajo se observa un incremento en la atención de los estudiantes, en el interés y una mejoría en los resultados de las pruebas académicas.

También el videojuego inclusivo con RA para el aprendizaje de Habilidades de Lógica Matemática realizado por Tobar, Fabregat & Baldiris (2015), el cual se aplicó a 20 estudiantes con diversas necesidades de aprendizaje (parálisis cerebral, síndrome de Down, autismo, etc.), mostró experimentalmente que el desempeño durante el juego es similar para niños con distintas necesidades. La retroalimentación por parte del personal docente sugiere que esta tecnología, como mediación pedagógica, permite la integración de niños con necesidades especiales en el proceso formativo, ofreciendo una oportunidad de inclusión y un aporte social para las personas con estos tipos de alteraciones cognitivas.

En cuanto a la educación superior, Duarte y otros (2009) realizaron una investigación enfocada en las estrategias de visualización en el cálculo de variables, en la que se exalta cómo para el caso de las matemáticas, los ambientes virtuales y de realidad aumentada permiten visualizar objetos creados a partir de ecuaciones con los que es posible interactuar de manera similar a como lo haría un estudiante con modelos reales potenciando así los procesos de aprendizaje de los conceptos estudiados, integrándolos con el entorno y, por tanto, dotándolos de sentido empírico en la experiencia cotidiana de los alumnos. De igual forma se enfatiza que la visualización que se obtiene con el uso de ambientes virtuales permite integrar los conocimientos previos con los que se les presentan a lo largo del curso de cálculo en variables. En este sentido el aprendizaje de conceptos matemáticos conlleva al uso de los medios tecnológicos que se encuentran en el medio o contribuye a que se puedan desarrollar otros nuevos.

Con respecto a su aporte al aprendizaje se puntualiza que el éxito o el fracaso de la enseñanza de los conceptos del cálculo depende, en gran parte, del uso que los profesores hagan de estas herramientas ya que los estudiantes relacionaron el cálculo con múltiples aplicaciones a la ingeniería, modelando y diseñando objetos a partir de funciones sencillas, así como también la relación del cálculo con la optimización para diseñar productos que requieren de diferentes mecanismos y estructuras. La interacción alumno-tecnología-mundo real permite una

manipulación consciente de los objetos y se utiliza la tecnología para modelar y construir nuevos objetos, o modificar los existentes, llevando a postular una nueva categoría de la visualización: la visualización dinámica.

En esta misma línea Esteban, Trefttz & Restrepo (2006) desarrollaron en el laboratorio de virtualidad de la universidad EAFIT, un prototipo de RA para la enseñanza del Cálculo en Varias Variables, que permite visualizar conceptos matemáticos a partir de la creación de un objeto virtual, el cual se puede comparar con objetos reales, potenciando las posibilidades de comprensión de los conceptos matemáticos estudiados. La instrucción impartida se fundamentó en la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión que propicia en los alumnos la integración de conceptos previamente adquiridos con los nuevos que son objeto de estudio y su utilización en forma creativa para solucionar diversas situaciones de su entorno. La herramienta de Realidad Aumentada permitió el diseño de experiencias de aprendizaje significativas para cada uno de los alumnos del grupo experimental y les ayudo a potenciar la comprensión de los conceptos objeto de estudio. Esto trajo como resultado que los alumnos repasan, relacionan e integran los conceptos vistos en otras tutorías o son capaces de intuir conceptos a desarrollar en tutorías posteriores.

Otro aporte válido es el trabajado por Buitrago-Pulido (2015) en el que relaciona la incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo para el estudio de las matemáticas, esta fue una investigación de tipo descriptivo-correlacional enfocada en analizar la asociación entre el logro de aprendizaje en matemáticas, el estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo y la realidad aumentada (RA) en un ambiente virtual de aprendizaje, contó con la participación de 83 estudiantes de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) de Bogotá del Programa de Ingeniería Industrial. Los resultados indicaron que el uso del paradigma de la RA implementada como estrategia de interacción natural (mediación pedagógica) con objetos digitales para el aprendizaje de funciones en varias variables permite obtener mejores resultados de forma efectiva y significativa con respecto al aprendizaje en estudiantes que cursaron la unidad didáctica Cálculo Vectorial, cuya tipología en la dimensión DIC es intermedia e independiente.

En virtud de la anterior revisión se concluye que la RA se puede aplicar de formas muy diversas en multitud de campos, tanto en la enseñanza presencial como en la enseñanza virtual y en diferentes niveles educativos (primaria, medida, básica y superior) y con diferentes

participantes (estudiantes regulares, estudiantes con discapacidad y profesores). Los estudios descritos demuestran la importancia de la RA por su eficiencia respecto al proceso de comprensión lectora gracias a que la información es más interactiva y visual, además proporciona la posibilidad de complementar un libro didáctico con la información adicional que aporta la virtualidad de sus contenidos y el asocio a sistemas GPS, haciendo que el aprendizaje sea más rápido y mejor entendido. El concebir el proceso de aprendizaje como un juego, un reto, una aventura y un descubrimiento permite adquirir y acrecentar destrezas, como también aumenta la confianza y el sentido de responsabilidad (Adell, Sobre entornos personales de aprendizaje, 2009; Cabero, 2016).

Las características de la RA aplicadas al aprendizaje colaborativo muestran que ésta no solo sirve para apoyar el aprendizaje relacionado con los contenidos disciplinarios sino para afianzar otro tipo de destrezas como el pensamiento crítico, el trabajo en equipo, el intercambio de información, y el análisis de sistemas complejos, entre otros (Margalef, 2015; Sánchez F. , 2015). Es indudable, también, que los profesores reconocen el potencial de la RA en la educación por su capacidad de motivar a los estudiantes y facilitar la comprensión de los contenidos, estimulando así tareas de investigación y descubrimiento (Cabero & Barroso, 2016; Fombona & Vázquez, 2017); no obstante el uso de esta estrategia no garantiza su efectividad si el proceso no se acompaña de una buena disposición del estudiante (no basta con ser un aprendiz, debe ser un aprendiente) y del docente.

Como se puede apreciar no se trata de establecer esta tecnología de forma radical como una panacea sino de emplearla como complemento de las didácticas tradicionales, puesto que una de las posibilidades que ofrece es la de dotar a los libros o cualquier material impreso (apuntes, ejercicios, notas etc.) de contenido virtual (objetos 3D, imágenes, videos etc.). En cuanto a las aplicaciones de la RA para la enseñanza aprendizaje de las ciencias matemáticas, se evidencia un interés particular por ampliar las didácticas en el área y hacer más ameno su aprendizaje, haciendo uso de recursos tecnológicos que exigen, tanto a profesores como a los estudiantes, el desarrollo de nuevas competencias para enfrentar las exigencias del mundo actual (Cabero, 2016; Maquilón, Mirete, & Avilés, 2017; Ramírez & García, 2017).

Resumiendo lo planteado hasta ahora las investigaciones apuntan a llevar los conceptos matemáticos (conjuntos, construcciones, gráficas, algoritmos, etc.) a un dispositivo, ya sea un computador, una tableta, un teléfono celular, y procesarlos mediante la RA de modo que la

información resultante pueda “extraerse” fuera de la pantalla para integrarse a ambientes reales, con el fin de poner en un mismo nivel lo real y lo virtual, complementando la realidad, posibilitando que el estudiante materialice conceptos abstractos que son, en muchos casos, ininteligibles sin información adicional. Sin embargo, estos estudios no ahondan en el efecto de la RA como mediación pedagógica para potenciar estilos de aprendizaje transdisciplinar de las matemáticas, ya que esta apuesta requiere configurar las formas de enseñar y aprender (De Pedro & Méndez, 2012), integrando el método y el contenido, presentes de forma consciente o inconsciente en el sujeto que aprende y en el que enseña; si lo anterior se logra hacer de una manera bien dirigida puede generar y afianzar en el sujeto estrategias y modos de concebir el proceso educativo pertinentes al contenido disciplinar que se trate (Rivera, y otros, 2011), por ello el reto tiene que ver con la creación de nuevos entornos de RA que se puedan emplear para personalizar las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

2.2 Marcos conceptual y categorial

En este apartado se incluyen las definiciones teóricas que soportan el presente estudio y se relacionan con el aprendizaje de las matemáticas, la transdisciplinariedad, el desempeño académico y las didácticas emergentes.

2.2.1 El aprendizaje. Para dotar al estudiante de una formación suficiente que le permita llegar al punto de tener autonomía para actuar y decidir frente a las diversas situaciones que se le presentan y profundizar en el área en que desea formarse el proceso de enseñanza debe adaptarse a él (Freire, 2006; Zabalza, 2016), motivo adicional para exaltar el sentido y significado de la labor docente. Para llevar a cabo esta empresa se ha emprendido el estudio y análisis de las diversas teorías del aprendizaje en busca de los referentes necesarios, desde la experiencia práctica, para comprender y ahondar dichos procesos (Rivera & Vélez, 2015).

En este orden de ideas para definir las teorías que sustentan los estilos de aprendizaje se deben definir conceptos seminales en forma independiente, primero el de aprendizaje seguido por el de la teoría, para luego trabajarlos conjuntamente.

Acerca del concepto de aprendizaje la literatura proporciona diversas definiciones (Moreira, 2012b; Cáceres, 2002; Díaz & Martins, 1986) que presentan un punto en común: el aprendizaje es un proceso que lleva a una transformación en la persona, a la modificación relativamente permanente en la disposición o en la capacidad del hombre, que se genera como resultado de su actividad (interacción), independiente de procesos como el crecimiento

fisiológico o la maduración biológica y de causas como enfermedades o mutaciones. Según De Miguel (2005) el hecho de experimentar vivencias lleva al cambio del sujeto al modificar sus conductas, como consecuencia de las experiencias del individuo con el medio. Al aprender se genera un condicionamiento que genera variaciones en la forma de pensar y percibir las cosas (Moreira & Greca, 2003; Requena, 2008), produciendo la adaptación al entorno para dar respuesta a nuevos retos y a las acciones derivadas de dichos cambios.

En consecuencia, el proceso de aprendizaje se lleva a cabo principalmente a través del desarrollo de la imitación, es decir, la reproducción de un proceso observado que requiere que el individuo invierta tiempo, seleccione un espacio, elija unos recursos (físicos o virtuales), y haga uso de sus habilidades (cognitivas y metacognitivas), así como otros recursos según sus necesidades y evolución en el proceso. Los diversos aprendizajes obtenidos permiten a la persona subsistir y desarrollarse en su entorno (Bolívar & Rojas, 2008), pudiendo aportar y transformar esos aprendizajes para mejorar su calidad de vida.

2.2.2 La Teoría. De otro parte el concepto de teoría hace alusión a un sistema construido por el pensamiento con el que se relacionan entre sí cosas en un conjunto de principios en los que se basa una ciencia; ésta resulta de la comprobación (total o parcial) de una hipótesis, más no de opiniones personales subjetivas. Usualmente, las teorías son empleadas en el diseño de modelos científicos resultado de la interpretación de un conjunto extenso de observaciones de fenómenos, situaciones, comportamientos, entre otros, que se desarrollan en torno a los axiomas o principios, supuestos y postulados derivados de la misma teoría (Sabino, 2014), las cuales permiten predecir o explicar hechos o fenómenos sobre el sistema real en el que se aplica la teoría, también permiten analizar los resultados de orden experimental haciendo este proceso más económico.

Además, las teorías en general son susceptibles de ser ampliadas al establecer una contrastación entre sus predicciones con los datos experimentales obtenidos, hasta el punto que pueden ser ampliadas, corregidas o rebatidas, mediante diferentes procesos de análisis y razonamiento (Zapata-Ros, 2015), lo que contribuye al crecimiento del saber acumulado que recopila los hallazgos a lo largo de los múltiples procesos de investigación que se llevan a cabo en todo el mundo.

Por su parte, en el ámbito académico, las teorías del aprendizaje pueden considerarse como explicaciones generales que preparan al estudiante para comprender, predecir y controlar su comportamiento para elaborar estrategias que lo llevan a adquirir conocimiento en

determinado arte, área, oficio o interacción y, también, permiten explicar cómo los individuos acceden o logran obtener el conocimiento (Pozo & Monereo, 2009).

Al considerar al respecto los trabajos sobre investigaciones cognitivas éstos han demostrado que las personas captan, procesan y almacenan la información de maneras distintas, e igualmente la recuperan de forma diferente, concluyendo que el aprendizaje se presenta de distintas maneras en cada individuo (Gardner, 2016). En tal sentido, las teorías referidas a los estilos de aprendizaje de los individuos reafirman su diversidad (Samuel, 2016), ofreciendo en consecuencia alternativas para mejorar dicho aprendizaje por medio de la reflexión personal y las peculiaridades diferenciales en el modo de aprender.

A continuación se exponen diferentes aproximaciones a las teorías desde el punto de vista de los autores que han aportado en la construcción teórica en torno al aprendizaje.

2.2.3 Recurriendo a una nueva teoría del aprendizaje para la era digital. Diversas teorías ayudan a comprender y controlar el comportamiento humano, tratando de explicar cómo los sujetos acceden al conocimiento, “su objeto de estudio se centra en la adquisición y destrezas, habilidades, en el razonamiento y en la adquisición de conceptos” (Méndez, 2012, p. 29).

Hoy día la sociedad se encuentra inmersa en la llamada era digital⁹, puesto que las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC se desarrollan ampliamente hasta el punto de influir en todos los aspectos del conocimiento, incluyendo la educación, de esta manera es como las teorías del aprendizaje, en respuesta a las innovaciones tecnológicas y al avance de la ciencia, han evolucionado significativamente propiciando la aparición de nuevas teorías para ir al ritmo de las exigencias actuales del conocimiento (Barnes, Bravo, & Lopez, 2002). Aun cuando, actualmente se encuentran vigentes los modelos del conductismo, cognitivismo y constructivismo, estas teorías han dado respuesta a ciertos contextos de tiempo y espacio que poco a poco se tornan obsoletas en un mundo que se encuentra en continua transformación y en el que el momento histórico del conocimiento¹⁰ encontrado es cada vez es más fugaz.

Teniendo en cuenta que dentro de los objetivos propuestos para esta investigación se plantea una formación que haga uso de una herramienta tecnológica para potenciar el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas, se puede considerar que la inclusión de la tecnología

⁹ También llamada era de la información, por obvias razones.

¹⁰ Lapso de tiempo que transcurre entre el momento en el que el conocimiento es adquirido y el momento en el que se vuelve obsoleto (González C. , 2004).

y la necesidad de adquirir competencias para la identificación de conexiones dentro de las actividades de aprendizaje tienden a llevar a éstas por un camino acorde con el mundo digital en el que cada vez es más difícil llevar a cabo actividades de manera personal que permitan experimentar y adquirir el conocimiento que resulta necesario para responder a las exigencias de contextos en constante evolución (Herrero, 2014; Stephenson, Gow, Davidson, & Gadd, 2014).

De acuerdo con las anteriores características, se desarrolla una teoría del aprendizaje alternativa denominada conectivismo la cual toma en cuenta que “la tecnología está alterando la forma en que se comunica nuestro cerebro y que las herramientas que utilizamos definen y moldean nuestro pensamiento” (Siemens, 2004, p. 2), sobresaliendo de los límites de las teorías previas, las cuales estaban centradas tanto en el desarrollo del conocimiento al interior del individuo como en el proceso propio del aprendizaje, deponiendo el valor intrínseco que posee lo que se aprende. Para el autor precitado en este párrafo el proceso de aprendizaje actualmente experimenta una influencia excepcional por parte de la tecnología, la cual se impulsa sobre los mismos conocimientos que va construyendo para avanzar continuamente y a gran velocidad, lo que propicia que este proceso no esté totalmente bajo control de las personas y dependa de manera constante de elementos cambiantes, caracterizándose entonces por la complejidad, el caos, y la conexión (enlace) especializada.

Dichos argumentos dan sustento a los intereses del presente estudio, que recurre al conectivismo como teoría del aprendizaje pues, como se verá a continuación, éste se adapta a las condiciones y a los requisitos necesarios para cumplir con los objetivos propuestos.

2.2.4 El conectivismo. La tecnología hace parte del diario vivir de los individuos y está inmersa en cada una de sus actividades, hasta el punto que se identifican las conexiones (enlaces) como actividades de conocer, se promueve el desarrollo de las teorías de aprendizaje hacia la edad digital (González C. , 2004).

El conectivismo es una teoría del aprendizaje diseñada como respuesta a la mencionada era digital y globalizante que ha tenido como precursores a George Siemens y a Stephen Downes, la cual se desarrolló con base en el estudio de las limitaciones del conductismo cuyo pionero fue John B. Watson, el cognitivismo, donde sobresale Jean Piaget, y el constructivismo (pedagogía) con Lev Vygotsky, propuesta con el fin de caracterizar la incidencia que ha tenido la tecnología sobre la forma como actualmente se vive en sociedad, las diversas formas de comunicación y la manera como se adquiere el conocimiento (Zapata-Ros, 2015). Este término

integra conceptos que vislumbran a su vez como se da el proceso de conocimiento actual, entre los que se encuentran: la teoría de caos, las redes, la complejidad y la auto-organización (Siemens, 2014; Vergara, 2012).

Por su parte, la teoría del caos es una rama que involucra diversas ciencias (matemáticas, física, biología, meteorología, economía, entre otras) que establece los atributos de algunos tipos de sistemas (complejos y dinámicos), los cuales se caracterizan por ser muy sensibles a las variaciones en las condiciones iniciales, puesto que cualquier cambio en ellas, genera grandes diferencias en el comportamiento futuro, haciendo muy complicada la predicción del desempeño de ciertos fenómeno a largo plazo (González J. , 2004).

En este sentido, el caos se basa en las configuraciones complejas que inicialmente desafían el orden, lo que dificulta la posibilidad de predecir hechos o fenómenos, en este sentido, el proceso de aprendizaje según el caos, establece que el significado existe, por lo que el individuo debe reconocer asertivamente los patrones que parecen estar ocultos, por lo cual la construcción del significado y la formación de conexiones entre comunidades especializadas son actividades de suprema importancia a la hora de conocer y aprender (Calder, 2012).

De esta manera, la esencia del conectivismo se da en la formación de una red estructurada por nodos, es decir puntos de convergencia en los cuales confluye cierta cantidad de información general o particular de uno o diversos temas o fenómenos, que le interese a una comunidad, los cuales son susceptibles de interconectarse entre sí, formando organizaciones, redes de información, redes de datos, imágenes, mensajes y conexiones (Garcia & Bardí, 2017). Por ello, en la teoría del conectivismo el aprendizaje se comprende como el proceso de creación de conexiones y el incremento de la complejidad de dicha red, lo que hace que los vínculos establecidos en la misma, no tienen un orden específico, ni las mismas jerarquías, por lo tanto el aprender consiste en la capacidad de participar, construir y sobrepasar las redes de información (Downes, 2008), esto significa "saber-donde" "saber-cómo" y "saber-qué", los cuales son los pilares de cualquier teoría del aprendizaje que posibilita la construcción de un conocimiento diverso, complejo, contextualizado y transdisciplinar.

Por ello estas redes de conocimiento se caracterizan por: a). ser diversas, es decir, proporcionan diferentes puntos de vista (todos los posibles), tener autonomía, referida al uso de la voluntad propia de acuerdo a sus intereses, valores y decisiones, c). poseer interactividad, en la que el conocimiento es el resultado de la interacción de los participantes descartando la suma de

sus opiniones, d). por tener apertura, lo cual posibilita la propuesta de temas de discusión en los cuales los miembros pueden analizar y aportar (Kop & Hill, 2008).

Las mencionadas características permiten inferir que la teoría del conectivismo conduce a la creación de la cultura de la participación (que no se da en la misma forma para todos los individuos) que tiene como punto de partida al individuo y confluye en la interacción para generar diversos aprendizajes en entornos digitales.

De acuerdo con este principio, el proceso de aprendizaje se da al interior de ambientes imprecisos (cambiantes), dotado con elementos centrales inconstantes, cuya característica primordial es la imposibilidad de ser controlados por las personas, de esta manera, el proceso de conocer puede residir fuera del individuo, por ejemplo al interior de una organización o en una base de datos, a fin de establecer interconexiones de información especializada, lo cual permite que el conocimiento individual se alimente y se consolide acorde a éstas nuevas relaciones (Hernando, Arévalo, & Catasús, 2015), por ello, el conectivismo se basa en la perspicacia de que las decisiones están apoyadas en principios que evolucionan aceleradamente puesto que de manera constante se está obteniendo nueva información que deja obsoleta la anterior (Siemens, 2010), por lo cual la habilidad para distinguir entre la información importante y la no relevante es de vital importancia para aprender. Uno de los retos de esta teoría, se basa en la capacidad de reconocer cuándo una nueva información perturba un entorno basado en las decisiones tomadas originalmente.

En resumen de lo expuesto anteriormente se presenta la ilustración 2, que contiene las características del conectivismo como teoría de aprendizaje para la era digital.

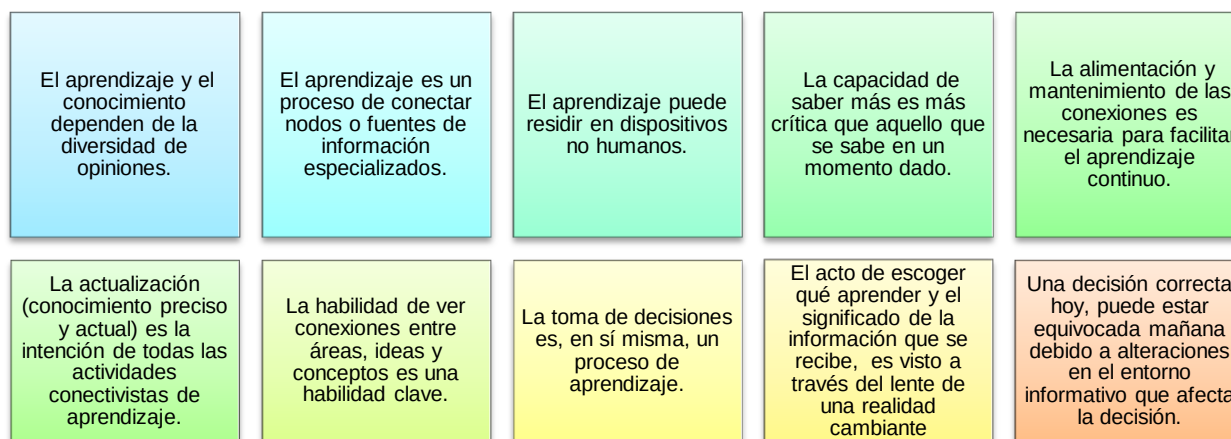


Ilustración 2. Principios del conectivismo. Fuente: Elaboración propia con base en Siemens (2004).

Las mencionadas características, según Gutiérrez (2012), permiten establecer que el conectivismo vislumbra los desafíos que diversas corporaciones enfrentan en las actividades propias de la gestión del conocimiento, puesto que la información que reside en una base de datos debe estar interrelacionado con los individuos precisos en el contexto adecuado para que éste pueda ser catalogado como aprendizaje, lo cual marca una estrecha diferencia con las teorías del cognitivismo y el constructivismo, en las que se desconocen los desafíos del conocimiento frente a la transferencia organizacional.

El flujo de información que se maneja al interior de una organización, determina en gran medida su efectividad organizacional, puesto que, en una economía del conocimiento¹¹ el flujo de información es el equivalente al agua que fluye a través de un río, en ciertas áreas el río se estanca y en otras declina, así que crear, preservar y utilizar este flujo de información debería constituirse en una acción organizacional clave, ya que el vigor de la ecología del aprendizaje¹² de una organización depende del cuidado efectivo del flujo informativo (Rabajoli, 2012).

Sin embargo, para comprender el proceso de aprendizaje en la era digital es preciso realizar el análisis de redes sociales, las cuales se conciben como estructuras sociales digitales integrada por personas, organizaciones o entidades que se encuentran conectadas entre sí por una o varios tipos de relaciones (laborales, personales, comerciales, etc.), en las que los nodos o puntos de intersección (hubs en inglés) son personas bien conectadas, capaces de promover y mantener el flujo de información. Su interdependencia redonda en un flujo informativo efectivo, admitiendo la comprensión personal del estado de actividades desde el punto de vista organizacional (Gómez, Roses, & Farias, 2012).

El mencionado proceso de aprendizaje desde la mirada del conectivismo se centra en el individuo como punto de partida, dando principal relevancia al conocimiento personal como el resultado de la interacción de una red, que a su vez nutre a organizaciones e instituciones las cuales, retroalimentan la red proveyendo nuevo aprendizaje para los sujetos. Este ciclo de desarrollo del conocimiento (que va de lo personal a la red y de la red a la institución) les

¹¹ La economía basada en el conocimiento utiliza el conocimiento para generar valor y riqueza por medio de su transformación a información, extendiéndose a campos como la educación, investigación y desarrollo, alta tecnología, informática, telecomunicaciones, robótica, nanotecnología e industria aeroespacial.

¹² Entiéndase ecología del aprendizaje como el nuevo ecosistema generado en la sociedad de la información, por la acción natural de los procesos de aprendizaje y la gestión de las nuevas tecnologías que permiten al individuo construir trayectorias de aprendizaje personal e interpersonal, gracias a las Tecnologías móviles inalámbricas omnipresentes y a los usos simultáneos de lenguajes y formatos múltiples (Arrausi, 2016).

permite a los aprendientes estar actualizados en su área mediante los vínculos establecidos (Islas & Delgadillo, 2016).

Recapitulando entonces, el conectivismo propone que pueden existir ecosistemas de aprendizaje en los cuales se presenta una constante evolución, que ofrecen a quien aprende el control para investigar y dirigirse en función de lo que él decida, apoyándose en herramientas sincrónicas y asíncronas¹³, como lo sugiere Gutiérrez (2012). Puesto que el conectivismo involucra diversas ciencias y estudia fenómenos complejos, resulta propicio para desarrollar el aprendizaje transdisciplinar de diversas áreas.

Ahora bien, en este punto para aproximarnos a la epistemología propia del saber educativo es preciso hacer una revisión del proceso mismo de cómo se aprende, es decir cuáles son las formas de obtener conocimiento, para lo cual a continuación se hace un bosquejo de los estilos de aprendizaje.

2.2.5 Estilos de aprendizaje. En sentido amplio, los estilos de aprendizaje pueden comprenderse como las diferentes maneras en que un sujeto puede aprender (Aragón & Jiménez, 2009), utilizados en el ámbito de la psicología y la educación para referirse a la manera individual en que las personas resuelven problemas, en otras palabras, a la respuesta que éstos dan al ser sometidos a diferentes estímulos o flujo de información (Gurreea, 2007), en sentido estricto, los estilos involucran una estrecha relación entre cognición y aprendizaje, por lo cual el modelo de la analogía de la cebolla (conocido también por su nombre en inglés, *onion model*), propuesto por Curry (1983) resulta ser un apropiado punto de partida para explicar la relación que existe entre el estilo cognitivo, el estilo de aprendizaje y las estrategias de aprendizaje. Este modelo muestra una estructura que evidencia la relación gradual iniciando por las funciones cognitivas más estables (centro de la cebolla) a las menos estables (capas externas) en los sujetos y se presenta en la Ilustración 3.

¹³ Con las herramientas sincrónicas todos los participantes tienen acceso a la misma información, coincidiendo al mismo tiempo y espacio, pueden compartir una experiencia común y reaccionar inmediatamente a la información que otros presentan o comentan, mientras que con las asincrónicas la comunicación no ocurre en completa correspondencia temporal, sino en distinto espacio y tiempo. El contenido se encuentra depositado y el estudiante accede a él a su propio ritmo. Esto conlleva a la autonomía total del estudiante, permitiéndole ingresar desde su hogar, trabajo o lugar de descanso, en el horario que él decida. Se encuadra muy bien para contenidos auto-administrados, donde el docente es un guía o coordinador (Rubiano, 2015, p. 54).

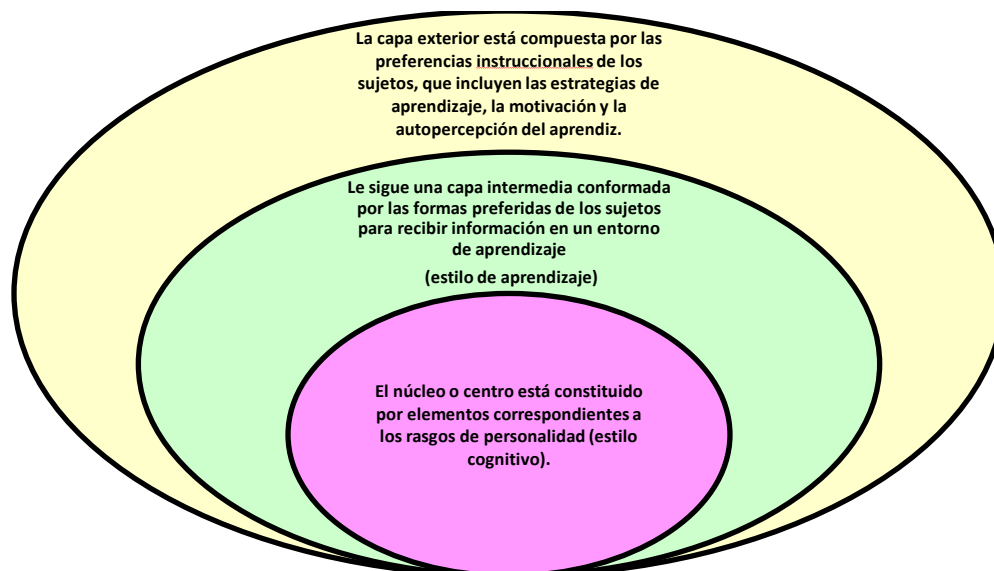


Ilustración 3. Esquematización del modelo de la cebolla de Curry (1987). Fuente: Elaboración propia.

El estilo cognitivo, no tiene una conceptualización única, sin embargo, los autores coinciden en indicar que está relacionado con el hecho que cada individuo tiene un modo singular de percibir y procesar la información y de utilizar los recursos cognitivos como percibir, recordar y pensar o también a las diferentes formas de descubrir, almacenar, transformar y utilizar la información, también está referido al modo en que un individuo aborda sus tareas perceptuales y cognitivas, el cual además de ser adquirido conforme a las experiencias, también es modificable con la práctica, lo cual evidencia que con acciones pedagógicas pertinentes se puede fomentar (López, Hederich, & Camargo, 2011). El estilo cognitivo provee un reflejo de las regularidades de procesamiento de información que realiza el aprendiz, el cual se desarrollan acorde a los rasgos de personalidad, es decir, exaltan las diferencias individuales en la manera de organizar y procesar los datos informativos y la experiencia propia (Hederich, 2005).

De acuerdo con Vélez (2013) los estilos cognitivos se constituyen como elementos conceptuales sintetizadores a través de los cuales cada individuo desarrolla diferentes vías o proceso cognitivos y su particular precepción del ambiente, los cuales indican la íntima relación entre percepción y pensamiento, por ello se pueden distinguir diferentes tipos de estilos cognitivos o dimensiones, que reflejan las tendencias en el aprendizaje, como se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1

Dimensiones del estilo cognitivo

Dimensión	Características principales
Reflexividad-impulsividad	Está relacionada con el hecho que la persona elige llegar a una decisión rápidamente, después de considerar rápidamente las opciones – o al contrario prefiere considerar celosamente cada opción, antes de tomar la decisión.
Dependencia-Independencia de campo	El sujeto tiene una marcada tendencia a indagar esta información en el contexto social – o por el contrario está en la búsqueda al interior de la información necesaria para la resolución de problemas.
Convergencia-Divergencia:	El individuo afronta típicamente una situación problema asumiendo el procesamiento de la información de manera exploratoria y abierta - o si lo hace de manera cerrada y altamente focalizada.
Independiente-sensible	La persona asigna una estructura y organización particular para realizar una tarea independiente (diferente) de la forma como ésta ha sido presentada – o muestra tendencia a resolver tareas ampliado y mejorando la información de la que dispone conservando su relación con el contexto en que ha sido presentada respetando su estructura y su presentación inicial
Holismo / Serialismo:	En este caso la persona responde a las tareas de aprendizaje haciendo aproximaciones holísticas, con base en la propuesta de hipótesis – o por medio de un acercamiento siguiendo fases a partir de datos
Adaptación / innovación:	Dada una situación problema el discente prefiere mejorar los procesos, hace las cosas de la mejor manera – o prefiere hacer las cosas empleando diferentes estrategias..
Centración / barrido	Dado un conjunto de tareas el individuo opta por ordenarlas consecutivamente, de modo que no inicia una hasta no concluir la otra - o si su predisposición es a ir trabajando en todas por periodos cortos de tiempo.
Concreción /	La persona para aprender algo nuevo recurre a prácticas concretas -

Dimensión	Características principales
abstracción	o si prefiere manejar ideas abstractas.
Visualización-verbalización	En esta dimensión las personas tienden a representar el conocimiento con ideas y conceptos visuales (imágenes) – o si prefieren la verbalización (oraciones o palabras).

Fuente: Elaboración propia con base en Vélez (2013).

Habiendo dilucidado el concepto de estilo cognitivo a continuación se contempla su relación con los estilos de aprendizaje.

Estudiar las diferentes definiciones de estilo de aprendizaje es una tarea esencial para comprender y delimitar las áreas que abarca y sobre todo sus posibles aplicaciones. Este concepto ha sido definido de forma muy variada por diferentes autores que coinciden en afirmar que se trata de la manera como la mente procesa la información o cómo es influida por las percepciones de cada individuo. Algunas acepciones evidencian diferencias fundamentales que tienen relación con el modelo de aprendizaje que plantee el autor, que puede ir desde cómo es captada la información por los sentidos hasta como es intervenida y procesada por las personas.

Los aportes realizados por Keefe (1988) describen los estilos de aprendizaje como aquellos rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores, relativamente estables, de cómo los estudiantes perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje, esta definición se complementa con lo descrito por Dunn & Dunn (1979) quienes lo describen como la manera en la que un aprendiz se concentra sobre una información nueva y difícil, la trata y la retiene, y se puede rematar con la visión de Hunt (1979, como se citó en Chevrier, Fortin, LeBlanc & Théberge, 2000) quienes lo definen como la forma de aprendizaje que se hace posible en términos de las condiciones educativas que lo promueven.

Sintetizando esta información se puede afirmar que los mencionados rasgos cognitivos tienen que ver con la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven los problemas, y seleccionan medios de representación (visual, auditivo, kinestésico). De forma tal que el estilo de aprendizaje es la consecuencia de la influencia de vivencias personales en ambientes determinados sobre la conducta de la persona en el medio, lo que define que cada individuo tenga su forma particular de pensar, razonar, captar e interactuar con la información, lo que determina las diferentes formas de aprender.

La definición de Kolb (1984) resulta atractiva ya que propone que, si bien las capacidades de aprender son constantes en todos los seres, es el entorno en el cual la persona desarrolla su experiencia lo que hace destacar unas habilidades más que otras, sobre todo en el contexto de las exigencias del medio ambiente actual, de modo que la información se selecciona en función del interés que se tenga en ella, pero influye también la forma como ésta se adquiera (Horner, 1996).

En la interacción del individuo con el medio son muchos los estímulos sensoriales que están en juego, los sentidos son la puerta de entrada a cualquier información proveniente del medio externo, por ello algunas personas tienden a fijarse más en la información que reciben visualmente, otros en la información que reciben auditivamente y otros en la que reciben a través de los demás sentidos (Bandler & Grinder, 1982), la capacidad del cerebro permite que cada individuo seleccione parte de la información e ignore el resto, es así como, frente a una misma situación las personas captan distintas cosas. El que un individuo se fije más en un tipo de información que en otra parece estar directamente relacionado con la forma en la que recuerda. Así se puede distinguir entre estudiantes visuales, auditivos y kinestésicos (Ver tabla 2).

Tabla 2

Formas de selección de la información según las características predominantes de los individuos

Fuente	Características
Visual	Comprende el mundo tal como lo ve, es visual. Basa sus recuerdos en imágenes y sus proyecciones futuras las visualiza, pudiendo ser reconocidos por el uso de metáforas visuales relacionadas con descripciones, panoramas, posturas, entre otras.
Auditivas / Simbólico	Tiende a definirse como más sedentaria que la visual, también más retraída. Su estimulación responde a palabras apropiadas, dichas en el tono de voz adecuado. Muestran grandes habilidades para expresarse verbalmente y es sensible a ruidos que considera molestos. Sus comentarios aluden a frases como: me suena, me gusta lo que dices, sonó razonable, etc.
Kinestésicas	Son sensibles y se expresan por medio de formas físicas. La comodidad física tiene mucha importancia para este tipo de personas, están en constante movimiento. Su lenguaje ocupa frases como: tengo la sensación, suena tan

Fuente	Características
	duro, quedémonos tranquilos, y más.

Fuente: Elaboración propia con base en Bandler y Grinder (1982).

El paso posterior a la selección de la información es su organización pues el proceso de aprendizaje no atañe solamente al cúmulo de datos aislados, no obstante no hay una sola manera a la hora de organizar el conocimiento y el modo en que se haga tiene incidencia sobre el estilo de aprendizaje. Incluso dos estudiantes predominantemente visuales, por ejemplo, pueden aprender y tener resultados muy distintos en el colegio dependiendo de cómo hayan organizado la misma información visual, y es el modelo de los hemisferios cerebrales el que se ocupa de este asunto al concebir la manera de pensar en función de la estructura física del cerebro humano, conformado por dos hemisferios, cada uno con cuatro lóbulos, conectados por el cuerpo calloso (*corpus callosum*).

De acuerdo con McLuhan (1990) básicamente este modelo postula que:

(...) las características de los hemisferios izquierdo y derecho presenta contrastes básicos. Dado que el rasgo dominante del hemisferio izquierdo es la linealidad y la secuencialidad, hay buenas razones para llamarlo el lado “visual” (cuantitativo) del cerebro; y dado que el rasgo dominante del hemisferio derecho es lo simultáneo, lo holista y lo sintético, también hay buenas razones para señalarlo como el lado “acústico” (cualitativo) del cerebro (p. 81).

El hemisferio lógico, normalmente el izquierdo, procesa la información de manera secuencial y lineal (piensa en palabras y números) formando la imagen del todo a partir de las partes y es el que se ocupa de analizar los detalles. El hemisferio holístico, normalmente el derecho, procesa la información de manera global (es más intuitivo, piensa en imágenes y sentimientos) partiendo del todo para entender las distintas partes lo componen. Ambos hemisferios son de importancia equivalente, generando cada uno modos de pensamiento diferentes, sin ser la naturaleza de un tipo de pensamiento mejor que otro, y para poder realizar cualquier tarea, por simple que parezca, se usan los dos.

Dichas propiedades están sustentadas en dos teorías, la de los tipos psicológicos, propuesta por Carl Jung (la cual considera cuatro marcos dobles de personalidad: extroversión/introversión, sensorialidad/intuitividad, racionalidad/emoción, juicio/percepción) y la teoría dinámica de las inteligencias múltiples, propuesta por Howard Gardner, la que considera

al aprendizaje como resultado de una combinación particular de nueve tipos de inteligencias (lógica, lingüística, naturalista, intrapersonal, interpersonal, visual/espacial, kinestésica, musical y existencial) (Colonio, 2017).

Otra de las características del cerebro humano es su capacidad de relacionar y asociar la información que recibe continuamente y buscar pautas y crear esquemas que permitan entender el mundo que lo rodea pues el aprendizaje no es el proceso de almacenar datos aislados, lo importante es crear relaciones entre la nueva información que se recibe y la que ya está almacenada. El modelo que relaciona esta característica es el propuesto por la dupla Felder-Silverman (1988), fundamentado en los estudios en los campos de la psicología educacional y de la ingeniería, el cual describe cuatro dimensiones que dan forma a los estilos de aprendizaje, estas dimensiones (como en el caso de los tipos psicológicos de Jung) también son dobles (bipolares): Activo-reflexivo, Sensitivo-intuitivo, Verbal-visual y Secuencial-global.

En el contexto de la psicología cognitiva se aborda el tema del procesamiento de la información distinguiendo dos vertientes, una que tiene que ver con las características del sujeto y otra con las características propias del aprendizaje (o relacionadas con la tarea), esta última subdivide a su vez al aprendizaje en escalas dentro de las cuales destacan el aprendizaje analítico y serial, el profundo, el elaborativo, el metodológico y la memorización literal (Von Chrismar, 2005, p. 19).

De las propuestas acerca de los estilos de aprendizaje en su relación con el procesamiento de la información merece una mención especial el modelo de Kolb, el cual asocia los estilos de aprendizaje con una descripción de sus procesos, permitiendo así aplicaciones adecuadas para la docencia. El modelo de aprendizaje de Kolb se denominó Modelo de aprendizaje basado en experiencias, pues para él la experiencia se puede concebir como toda serie de actividades que permiten aprender y propone “el proceso de crear conocimientos mediante la transformación de la experiencia” (Kolb, 1984).

El modelo que él propone relaciona la forma de aprender desde una perspectiva global, que incluye desde la percepción de la información. El propone al proceso de aprendizaje como el comienzo en una experiencia subjetiva de los hechos que tienen lugar a nuestro alrededor y el procesamiento de esa experiencia para generar aprendizaje, de acuerdo a un patrón de conducta que es natural e instintivo en los seres humanos (Von Chrismar, 2005, p. 31).

Para Kolb, y su modelo de aprendizaje basado en experiencias, el proceso del aprendizaje se puede esquematizar de la siguiente manera (Tabla 3).

Tabla 3

Etapas de la experiencia de aprendizaje

Experiencia concreta	Observación reflexiva	Conceptualización abstracta	Experimentación activa
Se experimenta el mundo a través de los sentidos: la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto, y son éstos los que generan el aprendizaje.	Se reflexiona sobre las experiencias personales, se analizan y se trata de comprender su significado.	A medida que se integra y se sintetiza el análisis de experiencias, se crean inferencias sobre por qué las cosas son como son.	Cuando “se ponen a prueba” las teorías en la realidad diaria, se genera un nuevo conocimiento y entendimiento que se puede aplicar en la vida.

Fuente: Elaboración propia con base en Kolb (1984).

Dichas experiencias de aprendizaje se utilizan de manera conjunta, cíclica y permanente, siendo la práctica una acción que se transforma continuamente en ejercicio, y cada ciclo perfecciona y favorece la comprensión, es decir, que el aprendizaje estaría incompleto si por alguna razón no se terminara el ciclo, igualmente el hecho de obviar alguna de las etapas del ciclo conduciría a un aprendizaje lento, parcial, restringido y con un impacto grupal inocuo.

Posterior al proceso de organizar de la información, la propuesta de Kolb diferencia cuatro tipos de estudiantes, de acuerdo con la manera en que trabajan la información obtenida, así activos (personas abiertas, entusiastas, que buscan nuevas experiencias y retos), teóricos (presenta un pensamiento lógico e integran sus observaciones a teorías lógicas), reflexivos (son individuos que observan y analizan detenidamente) y pragmáticos (son aquellos individuos que intentan poner en práctica las ideas, buscando rapidez y eficacia en sus acciones), y considera al aprendizaje como un proceso circular en torno a éstos (Ilustración 4).

En cuanto a su implementación práctica, Honey y Mumford (1986) fundamentan su modelo en la teoría y cuestionarios de Kolb, aplicándolo a la formación de directivos en Gran

Bretaña, su interés se basa en determinar el motivo por el cual si las personas comparten un contexto común de aprendizaje unas logran el objetivo y otras no. Estos autores concluyen que el aprendizaje es un proceso de interiorización, lo cual genera diferentes reacciones frente al aprendizaje, fundamentando sus hallazgos en los cuatro estilos de aprendizaje de Kolb (Alonso, Gallego, & Honey, Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora, 1999).



Ilustración 4. Tipología de estudiantes de acuerdo con sus estilos de aprendizaje de Kolb.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el modelo de estilo de aprendizaje desarrollado por Kolb para que una persona aprenda debe procesar la información que obtiene a través de las siguientes fases:

- Experiencia concreta (EC): En la cual deben darse lugar las experiencias inmediatas y específicas que dan pie a la observación.
- Observación reflexiva (OR): Aquí la persona reflexiona acerca de lo que está observando y elabora una serie de hipótesis generales sobre lo que la información recibida pueda significar.
- Conceptualización abstracta (CA): Luego de las anteriores y como consecuencia de estas hipótesis se forman los conceptos abstractos y las generalizaciones.
- Experimentación activa (EA): Finalmente, la persona experimenta o practica con estos conceptos en otros contextos o situaciones (Borracci & Arribalzaga, 2015, p. 74).

Cuando la persona finaliza todas estas etapas del proceso, la secuencia se reinicia para seguir adquiriendo más conocimientos e información.

Al analizar la rueda de Kolb se hace manifiesto que la fase de conceptualización (teorizar) es la más valorada en los niveles de educación. El sistema académico muestra una marcada tendencia a privilegiar a los estudiantes teóricos por encima de todos los otros, sin embargo, algunos cursos que requieren de la práctica valoran más las habilidades de los estudiantes pragmáticos.

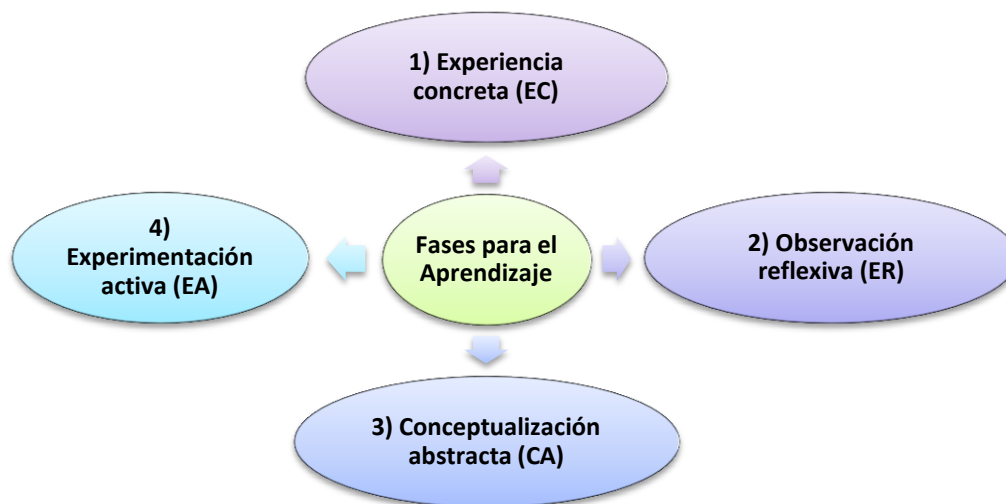


Ilustración 5. Fases fundamentales para el proceso de aprendizaje según Kolb. Fuente: Elaboración propia.

El esquema del tipo de estudiante establece que, dependiendo de sus habilidades y de la fase en que los estudiantes se especialicen, un mismo tema a tratar resultará más fácil o más difícil de aprender, asociado directamente con la manera como se presentó y se desarrolló en el aula. Es importante destacar que la consecución de un aprendizaje apropiado requiere de las cuatro fases, por lo que la pericia del docente para involucrar dichos procesos es crucial a la hora de aprender, incluso para potenciar aquellas fases con las que los estudiantes se sienten menos a gusto.

Luego de revisar los estilos de aprendizaje resulta conveniente determinar las escalas de medición válidas que le permitan identificar al docente los estilos de aprendizaje a fin de crear estrategias para potenciarlos. Dentro de éstas una de las más destacadas por su amplia aplicación es el Cuestionario de Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje - CHAEA (Alonso, Gallego, & Honey, 1999), este cuestionario se basa en el instrumento de Honey y Munford denominado “Learning Styles Questionnaire” elaborado para profesionales de empresas del Reino Unido y adaptado y validado por Catalina Alonso. El proceso consiste en el desarrollo de

dos fases, la primera basada en un análisis de un cuestionario, realizando análisis de fiabilidad y validez de éste, para lo cual se aplica la prueba “ α de Cronbach” a cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje; la segunda fase involucra el análisis de los datos derivados de un estudio de población de estudiantes de diferentes universidades españolas, dicho instrumento ha de ser aplicado a esta investigación para caracterizar los estilos de aprendizaje de la población objeto de estudio.

Luego de revisar los estilos de aprendizaje es importante comprender cómo se dan los procesos de aprendizaje, específicamente en el área de matemáticas, por ello en el siguiente apartado de muestran los fundamentos teóricos que explican esta dinámica.

2.2.6 Enseñanza aprendizaje de las matemáticas. El aprendizaje de las matemáticas constituye una herramienta para el desarrollo del pensamiento, dotando al individuo de elementos conceptuales, procedimentales y actitudinales para enfrentarse a los retos que le expone su contexto (Steen, 2008).

En la práctica académica, como lo exponen Dunn y Dunn (1984), existe una gran posibilidad de que los estudiantes destacados en el área de matemáticas tengan buen desempeño si se les enseña en la forma que mejor va con su estilo de aprendizaje particular; de otro lado, estos mismo autores afirman que si los pedagogos de matemáticas cambiaran sus estrategias didácticas para acomodarlas a los potenciales estilos de aprendizaje de sus estudiantes con desempeños más bajos, los resultados cambiarían, lo cual evidencia la necesidad de reconocer por parte de los docentes cómo se da el proceso de aprendizaje de las Matemáticas para los discentes. Dienes, Tortella y Azcárete (1981) proponen que dicho proceso se desglosa en seis fases, a saber:

Fase I: Ésta se fundamenta en una adaptación natural del individuo al entorno que lo rodea, en los niños esta etapa se inicia con una etapa de juego libre en la que se enfrentan a situaciones que deben aprender a manejar pues serán de aparición frecuente en su vida posterior.

Fase II: En ella se establece que el individuo comprende que en toda situación existen condiciones o reglas a las que debe ceñirse para alcanzar determinados objetivos, de este modo se acostumbrará al manejo de las regularidades.

Fase III: Se refiere a que las personas comprenden e identifican estructuras y descubren conexiones de naturaleza abstracta entre las reglas o condiciones de una situación y su aplicabilidad en otra ocasión similar.

Fase IV: Se establece que habrá lugar al desarrollo de habilidades para la representación de procesos o secuencias previas a la abstracción. Esta representación le permitirá al niño hablar de lo que ha abstraído y, de este modo, podrá tener una visión externa y reflexionar acerca de ello.

Fase V: Aquí aparece el lenguaje y la descripción, a partir del lenguaje, acerca de lo que se ha representado y/o abstraído. Estos lenguajes constituyen la base de un sistema de axiomas que más tarde podrían llegar a ser teoremas.

Fase VI: Se caracteriza por delimitar los métodos de descripción de modo tal que se construyan reglas de juego para la demostración y la formulación de teoremas.

Si se aplican estas fases en el aprendizaje de las matemáticas se comprende el aprendizaje matemático como un proceso secuencial en el que cada individuo, de acuerdo con sus necesidades, llega a un nivel de profundización, ascendiendo desde un primer nivel en el que simplemente se da la ejecución de algoritmos para el desarrollo de procesos hasta un nivel superior en el que se puede llegar al planteamiento y/o demostración de teoremas; el individuo debe transitar por este recorrido a su propio ritmo, de acuerdo con lo que le ofrezca su entorno y acorde con su capacidad de adaptación.

De acuerdo con Flórez (2005) todo proceso de aprendizaje lleva implícito un proceso de enseñanza, definido como un proceso que “permite que los individuos se apropien subjetivamente del mundo de las ciencias, lo piensen y le asignen nuevos significados” (p. 9), puesto que la enseñanza abre una ventana hacia la construcción de saberes que le permiten al ser humano transformar su entorno, dichos saberes se van modificando de acuerdo con su realidad.

La enseñanza, al igual que el aprendizaje, se encuentra ligada al entorno. Los procesos de enseñanza se materializan con el ánimo de que los sujetos que aprenden desarrollen la capacidad de conocer y transformar su contexto. Este proceso, al que está condicionado el ser humano en su quehacer diario, aporta al individuo saberes variados que le permiten subsistir y mejorar sus condiciones de vida.

De este modo, se puede decir que la finalidad del proceso de enseñanza - aprendizaje en el individuo es la construcción de saberes con el objetivo de cambiar el contexto que le rodea; al respecto Habermas (1987) enuncia su teoría de Intereses Constitutivos del Conocimiento en la que propone que los conocimientos están ligados a antecedentes históricos, culturales y sociales, y tienen como fin enfrentar los problemas para lograr la supervivencia, es decir que el

conocimiento y los saberes tienen como objetivo permitir que la raza humana sobreviva a pesar del paso del tiempo, en tanto que la construcción de saberes juega un papel primordial en este cometido pues debe lograr el desarrollo de ciencia para garantizar el futuro de la especie.

En línea con lo anterior se podría considerar que los procesos de enseñanza - aprendizaje llevan implícitos intereses por parte de los sujetos intervinientes, de modo que quien enseña busca que el alumno desarrolle las capacidades necesarias para la conservación y optimización de la calidad de vida del ser humano en pro del mejoramiento de su comunidad y quien aprende desea conocer y manipular su entorno para hacer su vida más fácil y, en lo posible, la de aquellos que lo rodean; por ello todos los miembros de la sociedad tienen a cargo la responsabilidad de velar porque la enseñanza que se les ofrece esté orientada a cumplir con tales expectativas, de modo que todo proceso enseñanza-aprendizaje está encaminado a construir unos saberes específicos (Gómez J. , 2007).

Para hacer referencia en forma específica al proceso de enseñanza - aprendizaje en el área de matemáticas es necesario mencionar que tales procesos deben construir saberes de tres tipos, como menciona el MEN (1999a): “saber matemático científico (las matemáticas de investigación), saber matemático cotidiano (las matemáticas de la vida cotidiana) y saber matemático escolar (las matemáticas en la escuela.)” (p. 22). Es decir que no basta con construir saberes útiles para la vida misma de los estudiantes y el desempeño escolar, se requiere de la construcción de saberes orientados hacia la investigación y construcción de nuevos conocimientos que permitan la evolución del área de las matemáticas y, desde allí, de otras áreas del conocimiento.

La visión de Bruner al respecto indica que los conocimientos en el área de matemáticas deben estimular las capacidades creativas del estudiante:

Bruner en su teoría de la instrucción sostiene que se debe desarrollar en los estudiantes la estructura misma del conocimiento; en particular, en matemáticas no se debe hacia habilidades mecánicas o algorítmicas, ni limitarse a dar simples informaciones; se debe estructurar la mente exactamente como se halla estructurada la matemática misma, para poder después componer cada pieza, en el interior de esta estructura ya dispuesta (D’amore, 2006, p. 69).

El aprendizaje por lo tanto no debe estimular solamente las habilidades y destrezas para el análisis y desarrollo de operaciones mediante el seguimiento de algoritmos, sino que debe

estructurar las capacidades lógicas y creativas de los estudiantes para encaminarlos hacia la profundización en el área y hacia la evolución de los conocimientos con relación a la misma.

Como ya se dijo, para llegar a obtener saberes es necesario dotarse de conocimientos al respecto, en relación con este proceso de adquisición se repasará la forma en que el mismo se desarrolla en el campo de las Matemáticas, para ello es necesario revisar los términos *cognición* y *conocimiento*, y la forma como se plantea la construcción de conocimientos específicamente en matemáticas.

La *cognición* se refiere a “las modalidades del funcionamiento cognitivo y, por lo tanto, al estudio de los procesos cognitivos” (D’amore, 2006, p. 321), en otras palabras tiene que ver con la forma en que el ser humano construye sus conocimientos desde el punto de vista biológico y psicológico. A su vez, el *conocimiento* se refiere a “las características conceptuales, metodológicas y contextuales específicas de los diferentes contenidos” (D’amore, 2006, p. 321), en este caso se hace referencia a temas tales como metas de aprendizaje, temas a tratar, aplicación de estos conceptos, etc.

Una vez revisados por separado los procesos de enseñanza y aprendizaje es necesario tener una visión general de lo que significa el proceso en su integralidad, en específico en el área de matemáticas, objeto de estudio de la presente investigación. Con relación a ello Brandsford (1979) propone un modelo que involucra las componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de las matemáticas, esquematizado en la Ilustración 6:

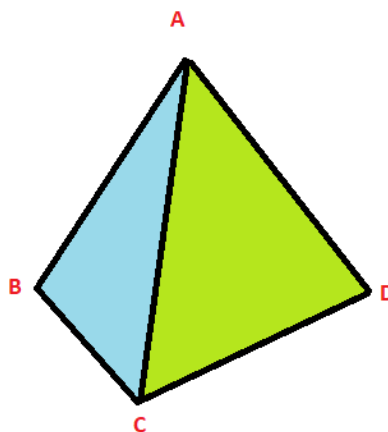


Ilustración 6. Los cuatro componentes de los fenómenos enseñanza-aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración previa del esquema del tetraedro se presentan los componentes que entran en juego en los procesos de enseñanza y aprendizaje: El vértice **A** representa la naturaleza y presentación de los contenidos, es decir cualquier característica del contenido, bien sea su estructura física, conceptual, contextualización, modalidad de presentación, secuencia, etc.; el vértice **B** representa las características del sujeto cognoscente: edad, personalidad, estilos cognitivos, conocimientos y actitudes; el vértice **C** representa las actividades, estrategias, procesos requeridos y puestos en acción por el estudiante, y el vértice **D** representa las tareas de criterio, es decir, las tareas encaminadas a medir si se ha dado el aprendizaje y en qué grado.

Las anteriores características llevan a considerar qué competencias deben desarrollarse a la hora de aprender las ciencias matemáticas.

2.2.7 Competencias matemáticas básicas. Según Godino (2002) la competencia matemática puede entenderse como la capacidad que tiene un individuo para llevar a cabo tareas matemáticas específicas de forma conveniente, aunado a la comprensión matemática de las técnicas necesarias para realizar los desafíos y a las relaciones entre los diversos contenidos y procesos matemáticos presentados. El logro de las competencias matemáticas depende de un proceso de crecimiento progresivo que debe tener en cuenta las diversas facetas del conocimiento matemático, en este sentido la competencia matemática está vinculada con la consecución procesual y metódica de conceptos, técnicas y aplicaciones.

Complementario a lo anterior, la competencia matemática también se centra en el desarrollo de la capacidad que muestra el discente para razonar, analizar y comunicar operaciones matemáticas (Calero, Choi, & Waisgrais, 2010), superando la terminología y las operaciones matemáticas, para llegar a la capacidad de utilizar el razonamiento matemático en la solución de problemas del contexto al nivel de su formación y consecuente con su desarrollo.

Por ser la matemática un campo complejo que requiere de cierto grado de abstracción para su comprensión, el hecho de ser competente en esta área presume tener habilidad para hacer un uso asertivo de ciertos conocimientos con flexibilidad y aplicar con seguridad lo aprendido en diferentes contextos de aprendizaje, involucra además el hecho de comprender lo aprendido (Denyer, Furnémont, Poulain, & Vanloubbeeck, 2012), es decir que los estudiantes deben aprender matemáticas comprendiéndolas y construir activamente nuevos conocimientos a partir de la práctica y de los preconceptos (MEN, 2006), puesto que el aprendizaje matemático deriva de una serie de algoritmos que requieren su estudio en forma ordenada y categórica.

De acuerdo con lo anterior se puede inferir que un estudiante es competente en matemáticas cuando es capaz de formular, plantear, transformar y resolver problemas empleando el lenguaje cotidiano y los distintos lenguajes matemáticos, así mismo cuando está en la capacidad de emplear diferentes representaciones de un objeto matemático y describir los procedimientos realizados.

El mencionado concepto de competencia matemática no está sustraído de los fines de la educación matemática de todos los niveles educativos, por cuanto se basa en un modelo epistemológico sobre las propias matemáticas (MEN, 2006) que redundan en:

- Considerar a la matemática como una actividad humana que fue instituida y que está condicionada por la cultura y por su historia, en la cual se emplean distintos recursos lingüísticos y expresivos para plantear y solucionar problemas disciplinares y transdisciplinares. Su aporte significativo al desarrollo científico y tecnológico deriva del hecho de que al buscar soluciones y respuestas a estos problemas, subyacen técnicas, reglas y sus respectivas justificaciones, las cuales son decantadas socialmente y compartidas a fin de alimentar el saber acumulado.
- Los resultados del estudio de la matemática están en continua revisión y reorganización a partir de la actividad de comunidades profesionales, lo que constituye un cuerpo de conocimientos (definiciones, axiomas, teoremas) que están estructurados y justificados de manera estricta, juiciosa y lógica, lo que la hace una ciencia rigurosa y metódica.

De acuerdo con estas premisas, en la ilustración 7 se pueden observar dos aspectos básicos que rigen la consecución del conocimiento matemático:

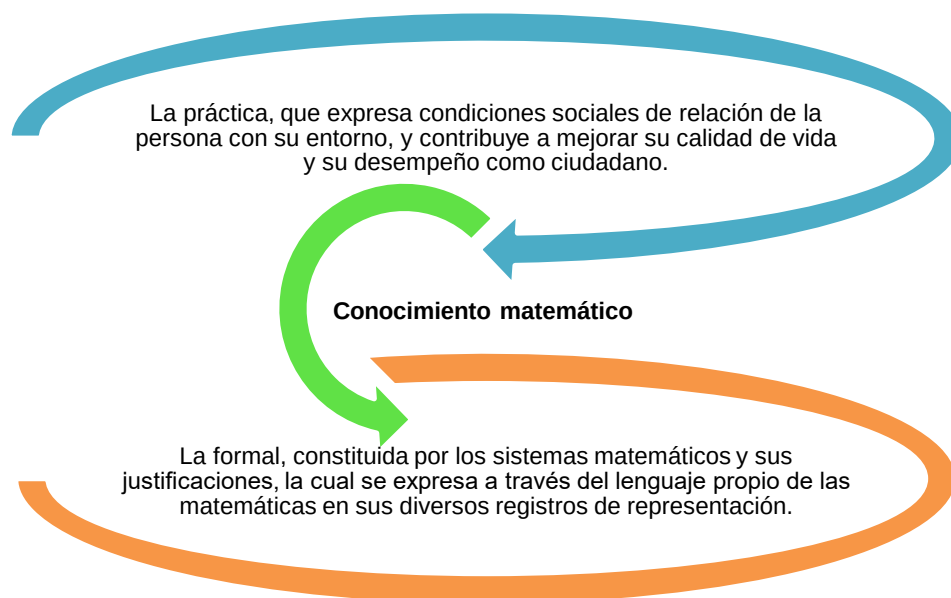


Ilustración 7. Aspectos básicos del conocimiento matemático. Fuente: Elaboración propia.

Luego de comprender lo que es la competencia matemática, dado el interés particular de la investigación, en la tabla 4 se muestran las competencias matemáticas básicas que deberían caracterizar al estudiante que recién ingresa a la universidad de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2006).

Tabla 4

Competencias matemáticas del estudiante de grado 11 y tipo de pensamiento que desarrolla

Tipo de pensamiento	Competencia
Geométrico - pensamiento numérico y sistemas numéricos	• Analiza representaciones decimales de los números reales para diferenciar entre racionales e irracionales. • Reconoce la densidad e incompletitud de los números racionales a través de métodos numéricos, geométricos y algebraicos. • Compara y contrasta las propiedades de los números (naturales, enteros, racionales y reales) y las de sus relaciones y operaciones para construir, manejar y utilizar apropiadamente los distintos sistemas numéricos. • Utiliza argumentos de la teoría de números para justificar las relaciones que involucran números naturales.

Tipo de pensamiento	Competencia
	• Establece relaciones y diferencias entre diferentes notaciones de números reales para decidir sobre su uso en una situación dada.
Pensamiento espacial y de sistemas / geométrico	• Identifica en forma visual, gráfica y algebraica algunas propiedades de las curvas que se observan en los bordes obtenidos por cortes longitudinales, diagonales y transversales en un cilindro y en un cono. • Identifica característica de localización de objetos geométricos en sistemas de representación cartesiana y otros (polares, cilíndricos y esféricos) y en particular de las curvas y figuras cónicas. • Resuelve problemas en los que se usen las propiedades geométricas de figuras cónicas por medio de transformaciones de las representaciones algebraicas de esas figuras. • Usa argumentos geométricos para resolver y formular problemas en contextos matemáticos y en otras ciencias. • Describe y modela fenómenos periódicos del mundo real usando relaciones y funciones trigonométricas. • Reconoce y describe curvas y/o lugares geométricos
Pensamiento métrico y sistemas de medidas	• Utiliza las técnicas de aproximación en procesos infinitos numéricos. • Interpreta la noción de derivada como razón de cambio y como valor de la pendiente de la tangente a una curva y desarrolla métodos para hallar las derivadas de algunas funciones básicas en contextos matemáticos y no matemáticos. • Analiza las relaciones y propiedades entre las expresiones algebraicas y las gráficas de funciones polinómicas y racionales y de sus derivadas. • Modela situaciones de variación periódica con funciones

Tipo de pensamiento	Competencia
	trigonométricas e interpreta y utiliza sus derivadas.
Pensamiento variacional y sistemas algebraicos y analíticos	• Interpreta y compara resultados de estudios con información estadística provenientes de medios de comunicación. • Justifica o refuta inferencias basadas en razonamientos estadísticos a partir de resultados de estudios publicados en los medios o diseñados en el ámbito escolar. • Diseña experimentos aleatorios (de las ciencias físicas, naturales o sociales) para estudiar un problema o pregunta. • Describe tendencias que se observan en conjuntos de variables relacionadas. • Interpreta nociones básicas relacionadas con el manejo de información (como población, muestra, variable aleatoria, distribución de frecuencias, parámetros y estadígrafos). • Usa comprensivamente algunas medidas de centralización, localización, dispersión y correlación (percentiles, cuartiles, centralidad, distancia, rango, varianza, covarianza y normalidad). • Interpreta conceptos de probabilidad condicional e independencia de eventos. • Resuelve y plantea problemas usando conceptos básicos de conteo y probabilidad (combinaciones, permutaciones, espacio muestral, muestreo aleatorio, muestreo con remplazo). • Propone inferencias a partir del estudio de muestras probabilísticas.
Pensamiento aleatorio y sistemas	• Diseña estrategias para abordar situaciones de medición que requieran grados de precisión específicos.

Tipo de pensamiento	Competencia
de datos	• Resuelve y formula problemas que involucren magnitudes cuyos valores medios se suelen definir, indirectamente, como razones entre valores de otras magnitudes, como la velocidad media, la aceleración media y la densidad media. • Justifica resultados obtenidos mediante procesos de aproximación sucesiva, rangos de variación y límites en situaciones de medición.

Fuente: Ministerio de Educación Nacional - (MEN, 2006).

2.2.8 Didácticas de enseñanza de las matemáticas como mediación pedagógica. Para abordar el tema de la didáctica de las matemáticas se requiere de una definición del término didáctica, ésta desde la perspectiva de D'amore (2006) se puede entender como “el conjunto de relaciones establecidas en modo explícito o implícito entre el maestro, el estudiante (o un grupo de estudiantes) y los elementos del contorno (instrumentos y materiales), teniendo como objetivo hacer que los estudiantes aprendan “(p. 95). En este sentido, el ejercicio de la didáctica relaciona la interrelación que se encuentra mediada por una serie de elementos utilizados con el propósito de facilitar los procesos de construcción de conocimiento en todas las áreas del conocimiento, teniendo como pieza clave el entorno (medios, materiales, instrumentos o recursos utilizados para facilitar el proceso) esencial para hacer efectivos los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Las características del ejercicio didáctico pueden establecerse distinguiéndose tres situaciones de interrelación desde la mirada de Brousseau (1997): La primera es la situación didáctica en la que la terna de elementos (estudiante, profesor y medios didácticos) se interrelacionan y obtienen un resultado positivo; la segunda es la situación a-didáctica en la que se ponen en juego el estudiante y el objeto de conocimiento, pero no el profesor; la tercera es la situación no-didáctica en la que ni el maestro, ni el saber, ni el estudiante tienen una relación específica. De los tres casos sólo el primero ofrece una situación apropiada para que el estudiante construya conocimientos, teniendo como eje al profesor, encargado de facilitar el medio para que el educando aprenda.

Lo anterior identifica un contrato didáctico, asociado a “un conjunto de reglas, con verdaderas y propias cláusulas, la mayoría de las veces no explícitas que organizan las relaciones

entre el contenido enseñado, los estudiantes, el maestro y las expectativas, al interior del grupo en clases de Matemáticas” (D’amore, 2006, p. 129). Esta interrelación entre los diferentes componentes del proceso de aprendizaje en el aula de clases determina la situación didáctica que pueda presentarse dentro de ella, de modo que entre mejor sea la interrelación entre maestro-estudiante-saber, será más sencillo y más agradable el ejercicio didáctico.

Para profundizar un poco en el término didáctica y específicamente didáctica en el campo de las Matemáticas, se toma adopta el aporte de Douady (1998, como se citó en D’amore, 2006):

La didáctica de las matemáticas estudia los procesos de transmisión y adquisición de los diferentes contenidos de esta ciencia, particularmente en situación escolar o universitaria. Se propone describir y explicar los fenómenos relativos o las relaciones entre su enseñanza y el aprendizaje... la didáctica se propone actuar sobre el sistema de enseñanza en un sentido “benéfico”, a saber: Mejorar los métodos y contenidos de enseñanza y proponer condiciones que aseguren a los alumnos la construcción de un saber viviente (susceptible a evolución), y funcional (que permita resolver problemas y plantear verdaderos interrogantes) (p. 2).

La necesidad de proponer nuevos métodos y contenidos para el área de matemáticas, como se manifiesta en el anterior enunciado, lleva a pensar que dentro del campo de la didáctica se requiere de actividades de tipo investigativo que replanteen la forma como se lleva a cabo la orientación didáctica de los diferentes contenidos dentro del área; la tendencia a replantear el objeto de la didáctica con el objetivo de ampliar su campo de acción de manera tal que se ocupe, no solamente de la interrelación específica entre maestro-alumno-saber sino además, de estudiar la forma como se construyen los saberes en el campo de las matemáticas ha generado un movimiento filosófico que busca delimitar nuevamente el campo de acción de la didáctica de las matemáticas. En línea con lo anterior Steiner (1985) afirma:

Aparentemente hay una necesidad de una base teórica que permita entender mejor e identificar las diversas posiciones, aspectos e intenciones que subyacen las diferentes definiciones de educación matemática en uso, para analizar las relaciones entre esas posiciones y reunir las en un entendimiento dialéctico del campo total (p. 11).

Es claro que, hasta el momento, la didáctica de las matemáticas definida como una disciplina se ha encargado de estudiar la relación que se da en las aulas de clase entre docente y estudiante y las estrategias o medios que el primero ha utilizado para facilitar el proceso de

aprendizaje del segundo; la nueva postura que busca conformar a la didáctica de las matemáticas en un nuevo campo científico se encargaría también de estudiar biológica y psicológicamente la manera como los individuos construyendo conocimientos matemáticos; sin embargo, por ahora los diferentes aspectos relacionados con la didáctica de las matemáticas siguen siendo estudiados por ciencias tales como la psicología.

Aunque la didáctica aún no ha podido establecerse como ciencia, dentro de su campo de acción se encuentra el acondicionamiento a las necesidades actuales del contexto educativo. En el caso colombiano se ha redefinido el objeto de la didáctica, tal como lo expresa el MEN (1999a): “Se conoce la didáctica de las matemáticas como un campo de investigación que toma los procesos de aprendizaje y de enseñanza de las matemáticas como objetos de estudio, fundamental con respecto a las matemáticas” (p. 22). De esta forma es posible pensar que en nuestro país las instituciones encargadas de regir los procesos educativos se están preocupando por hacer de la enseñanza de las Matemáticas un objeto de estudio con el fin de recontextualizar lo que ha sido, hasta ahora, el proceso de enseñanza en el área y emitir juicios valorativos y normativos acerca de lo que se espera construya el proceso educativo actual en el área.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, para lograr una transformación en el ejercicio didáctico relativo al área de matemáticas, es necesario conocer y comprender los saberes que se busca formar e igualmente explorar otras maneras de orientar la construcción de estos saberes. En este sentido Godino (2002) afirma: “Para que el alumno «construya» el conocimiento, es necesario que se interese personalmente por la resolución del problema planteado en la situación didáctica” (p. 19), por ello el ejercicio didáctico está encaminado a estimular el interés por parte del estudiante hacia el conocimiento que se desea construir.

Se define, entonces, la didáctica en el campo específico de la matemática como el instrumento que busca mejorar o beneficiar los procesos de enseñanza y aprendizaje en esta área; para lograr tal fin se hace necesario observar al interior del ejercicio de enseñanza para orientar la acción didáctica requerida durante el proceso de aprendizaje de la matemática.

En este punto es importante preguntarse de que forma puede darse la construcción de saberes en forma efectiva y agradable para el estudiante, a lo que Godino (2003) asevera:

De los estudios cognitivos se deduce uno de los supuestos básicos subyacentes de la investigación actual sobre aprendizaje. Consiste en aceptar que el niño construye de un modo activo el conocimiento a través de la interacción con el medio y de la organización

de sus propios constructos mentales. Aunque la instrucción afecta claramente a lo que el niño aprende, no determina tal aprendizaje. El niño no es un receptor pasivo del conocimiento; lo interpreta, lo estructura y lo asimila a la luz de sus propios esquemas mentales (p. 15).

Por lo anterior, es claro que el estudiante es receptivo ante la ejecución didáctica que efectúa el docente en el aula de clase y asume una serie de acciones derivadas del proceso de aprendizaje en relación con su entorno y con los esquemas anteriores que poseía acerca del conocimiento que acaba de construir.

De otro lado, el ejercicio didáctico requiere una planeación por parte del docente para diseñar la forma como pretende acercar a sus estudiantes al objeto de conocimiento. Con relación a ello se establece que “Para que los saberes matemáticos ingresen a la escuela deben sufrir una re-elaboración didáctica, que los re-contextualiza, los re-personaliza, los re-temporaliza. En esta reelaboración didáctica es donde se debe centrar la actividad profesional del maestro de matemáticas” (MEN, 1999, p. 23). Lo anterior indica que una de las primeras tareas del diseño didáctico es tomar los conocimientos del diario vivir de los estudiantes y, mediante un proceso de reelaboración, hacerlos asequibles al alumno, de manera que se relacionen de manera directa con su quehacer pues el manejo de términos y conocimientos alejados de la realidad escolar hace que no se halle la utilidad misma de los saberes; la recontextualización permite que el saber matemático tenga una aplicación real y que el ejercicio didáctico propicie para el alumno una verdadera actividad científica, en la que los saberes contruidos sean aplicables en su entorno.

De este modo, los saberes que se construyen en la escuela encuentran su fundamento y aplicación en el entorno social, como lo advierte Godino (2003):

La ciencia, y en particular las matemáticas, no se construyen en el vacío, sino sobre los pilares de los conocimientos contruidos por nuestros predecesores. El fin de la enseñanza de las matemáticas no es sólo capacitar a los alumnos para resolver los problemas cuya solución ya conocemos, sino prepararlos para resolver problemas que aún no hemos sido capaces de solucionar. Para ello, hemos de acostumbrarles a un trabajo matemático auténtico, que no sólo incluye la solución de problemas, sino la utilización de los conocimientos previos en la solución de los mismos (p. 68)

Con respecto al proceso que se debe seguir para llegar a que los alumnos sean capaces de utilizar sus conocimientos dentro de su entorno, Brousseau (2007) plantea cuatro etapas básicas,

necesarias durante la construcción de saberes: la primera es la Acción, allí el estudiante trata de resolver problemas y en razón de ellos construye nuevos saberes matemáticos; la segunda es la formulación-comunicación, aquí el alumno expresa por escrito sus saberes al docente y a otros compañeros, esto le permite ejercitar el lenguaje matemático; la tercera es la validación, en ésta el estudiante debe probar que las soluciones propuestas son correctas y argumentarlas; y la última etapa es la institucionalización, en la cual se pone en común lo aprendido, se estandarizan definiciones y maneras de expresar lo estudiado.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se podría adoptar el diagrama propuesto por Díez y Robino (2000) para la construcción del sentido del conocimiento matemático (Ilustración 8).

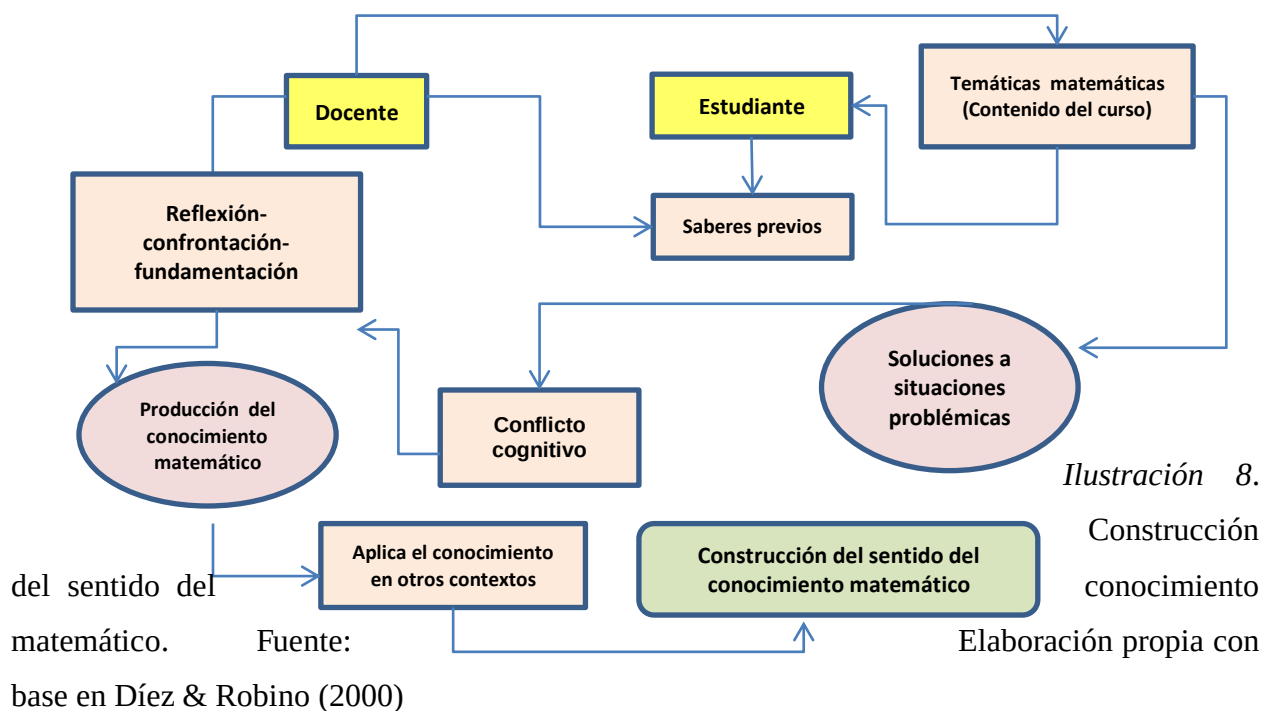


Ilustración 8.

Construcción
conocimiento

En la ilustración anterior se bosqueja la forma como el docente y el estudiante interactúan con los saberes a la hora del proceso enseñanza- aprendizaje; se puede apreciar cómo, a partir de unos preconceptos, el estudiante asume situaciones problemáticas que le son suministradas por el docente quien las toma del contexto y las pone al alcance del alumno, estas situaciones producen un conflicto cognitivo con los conceptos previos y se produce un proceso de reflexión, confrontación y fundamentación con el acompañamiento del docente. A partir de ese proceso se produce un conocimiento que es susceptible de trasladarse a otros contextos, es decir, se produce la construcción del sentido del conocimiento matemático.

Tal como se muestra en la ilustración 8 el contexto juega un papel muy importante en el proceso de construcción de saberes matemáticos, así lo expresa Pochulu (2005): “Las oportunidades de los estudiantes para aprender matemáticas dependen del entorno y del tipo de tareas y discurso en que participan, es decir, lo que los estudiantes aprenden sobre conceptos y procedimientos particulares” (p. 1). De modo que el quehacer cotidiano de los estudiantes se convierte en ámbito de aplicación de saberes y en la fuente de nuevos objetos de conocimiento.

De acuerdo con lo mencionado, la primera labor del docente cuando se trata de diseñar una estrategia didáctica para enseñar determinado tema consiste en encontrar la utilidad o relación de dicho tema con la realidad del estudiante, de este modo los conocimientos pueden mostrarse al alumno como una herramienta útil para su desempeño diario y se logra una motivación por parte del alumno hacia los saberes. Pero ¿cómo hacer para mostrar a los estudiantes la relación entre saberes y realidad? La respuesta radica en el manejo de entornos: “En los micro y macro-entornos es donde hay que buscar matemáticas cotidianas, en las matemáticas del tendero, del vendedor de la calle, del comprador de un supermercado, del contador público, del campesino, etc., para recrear en la escuela contextos significativos para el aprendizaje las matemáticas” (MEN, 1999, p. 24).

Lo anterior indica que el siguiente paso en el ejercicio didáctico consiste en identificar los micro y macro entornos apropiados, de acuerdo con el conocimiento que se desea construir, para facilitar el proceso de aprendizaje, según Godino, Batanero & Font (2004):

El profesor de matemáticas es responsable de crear un entorno intelectual en que la norma consista en un serio compromiso hacia el pensamiento matemático, para que el entorno de la clase sea el fundamento de lo que los alumnos aprenden (p. 78).

La construcción de estos entornos se refiere a la simulación de actividades en las que los saberes puedan ser aplicados por los estudiantes, en general estas situaciones se pueden extraer de las tareas que cotidianamente el estudiante realiza en el aula, en la cafetería, en sus juegos, en su hogar, en su comunidad, etc. Respecto a los contextos matemáticos el MEN (1999b) afirma: “Así pues los contextos matemáticos son medios fundamentales a través de los cuales los profesores de matemáticas recrean en su clase, una actividad científica en sus alumnos. Estos contextos no son otra cosa que situaciones problemáticas” (p. 24).

La construcción de estos contextos matemáticos se da mediante la simulación de actividades que desarrollen los estudiantes en situaciones normales en las que se requiera el uso

de determinados saberes; en muchos de los casos la construcción de estos micro o macro entornos que favorecen un aprendizaje no están al alcance de los alumnos, en el aula de clase, así que se hace necesario recrear estos entornos con recursos o medios de los que se pueda disponer, ejemplo de ello es el uso de los recursos tecnológicos, que actúan como medio de representación del quehacer matemático real que rodea al estudiante. En la actualidad es común acceder a la tecnología con fines educativos y esta situación constituye una oportunidad de potenciar las capacidades de representación de micro entornos en el aula y por ende de mejorar los procesos cognitivos de los estudiantes.

Así lo plantea el Ministerio de Educación Nacional (1999b):

La presencia de instrumentos de mediación transforma de raíz la acción cognitiva del estudiante. En efecto la presencia de los instrumentos tecnológicos, [por ejemplo] determina la estructura de una nueva acción instrumental, así como la presencia de una herramienta material, asociada a un proceso técnico, determina la forma de trabajo que se puede desarrollar con dicha herramienta (p. 28).

De este modo, los recursos tecnológicos dentro del aula de clase en el área de Matemáticas aportan no sólo como elemento de representación sino también como instrumento susceptible a la manipulación y exploración de nuevas formas y posibilidades de aplicación de la Matemáticas.

Por su reciente diversificación dentro de las Instituciones Educativas y las posibilidades que ofrece dentro del proceso educativo la tecnología es una de las herramientas que se encuentran disponibles para mediar los procesos de enseñanza y aprendizaje, ejemplo de ello es la implementación de recursos como la calculadora, graficadores y otros instrumentos que han incursionado en el aula con el ánimo de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Las calculadoras y los computadores permiten a los alumnos “la experimentación”. Se convierten de esta manera en un laboratorio, en el cual el aspecto experimental de las matemáticas se resalta y se utiliza para poder tener oportunidades de observar, hacer predicciones, lograr representaciones, validar hipótesis, controlar variables, etc. (MEN, 1999b, p. 35).

Entonces las facilidades ofrecidas por los recursos tecnológicos en el aula de clase permiten recrear micro y macro entornos de aprendizaje de una manera eficaz, de modo que los procesos didácticos sean altamente efectivos y más fáciles de diseñar, así los conocimientos en el

área de matemáticas no serán mecánicos sino que se dará lugar a ambientes creativos e innovadores.

De acuerdo con lo descrito anteriormente y siguiendo esta línea de pensamiento se propone como estrategia didáctica para la enseñanza del área de matemáticas el uso de macro y micro entornos de aprendizaje en los cuales se recree el quehacer cotidiano de los estudiantes o de su comunidad y para los cuales se requiera de saberes matemáticos, esto con el objeto de propiciar no sólo la aplicación real de los conocimientos en el área sino también con el ánimo de estimular capacidades creativas de los estudiantes a la hora de proponer soluciones a situaciones problemáticas; los recursos tecnológicos son, en este caso, un instrumento de apoyo a la hora de recrear entornos y de potenciar soluciones.

Con base en lo descrito la elaboración didáctica debe definir claramente el entorno que desea recrear, las tareas diseñadas para la simulación de entornos según Godino, Batanero & Font (2004) deben estar basadas en las siguientes características:

Unas matemáticas significativas y razonables; el conocimiento de los intereses, experiencias y comprensión de los estudiantes; el conocimiento de los distintos modos en que aprenden los alumnos; deben comprometer el intelecto de los estudiantes; desarrollar la comprensión y destrezas matemáticas de los estudiantes; estimular a los estudiantes a hacer conexiones y a desarrollar un marco coherente para las ideas matemáticas; exigir la formulación y resolución de problemas y el razonamiento matemático; promover la comunicación sobre las matemáticas; presentar las matemáticas como una actividad humana en desarrollo; mostrar sensibilidad y tener en cuenta las diversas disposiciones y experiencias previas de los estudiantes; promover el desarrollo de las disposiciones para hacer matemáticas de los estudiantes (p. 84)

2.2.9 Mediación pedagógica para el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas. Como se mencionó en el apartado del conectivismo, la educación ha sido permeada por la aparición del internet puesto que se ha dado un salto cualitativo en el desarrollo de la humanidad representado en las formas de actuar, conocer, aprender, informarse, entre otras. Las posibilidades de comunicación se han transformado y potenciado enormemente con los recientes avances en telecomunicaciones, dando origen a conceptos como el Ciberespacio (Zafra, 2010), y la Revolución Industrial trajo consigo otras formas de entender la realidad, la sociedad y la productividad.

En este sentido, la consecución de la información es en muchos de los casos ilimitado, de fácil acceso, presentado en diferentes formatos (hablado, escrito o audiovisual) e idiomas, sumado a que los avances en teleinformática permiten el almacenamiento, tratamiento y gestión de enormes cantidades de información en forma de datos, imágenes y voz; lo que inicialmente podría servir para proporcionar respuesta a los problemas que plantea este nuevo tipo de sociedad, no obstante con el paso del tiempo nos damos cuenta que los nuevos retos requieren de la generación de nuevo conocimiento para su solución (Graells, 2013), así mismo es evidente el replanteamiento de las nociones de espacio y el tiempo puesto que su significado ha variado con el uso de las TIC.

En consecuencia, la gestión del conocimiento se refiere a la adquisición y uso de recursos para posibilitar un entorno en el que la información sea asequible a los individuos y en el que las personas adquieran, compartan y usen dicha información a fin de desarrollar su propio conocimiento. En la gestión del conocimiento los individuos son alentados, persuadidos y habilitados para aplicar lo aprendido en beneficio en su beneficio y el de las organizaciones (Harman & Brelade, 2007), para este caso particular, las instituciones de educación. Lo que conduce a la llamada alfabetización digital, entendida ésta como una de las prioridades de desarrollo dentro de los procesos educativos, ya que busca identificar todas aquellas variables de tipo pedagógico que afectan la innovación educativa con el uso e implementación de las TIC como estrategia didáctica, sin descartar todos aquellos recursos que con antelación se vienen utilizando, al contrario, entendiéndolos como elementos complementarios de integración didáctica a fin de responder a aquellos escenarios que proporciona la conectividad, el entorno web, y las herramientas y las plataformas digitales como recursos que hacen parte de la vida de los estudiantes (Cabero & otros, 2016).

En este orden de ideas las TIC son entendidas como una gama extensa de servicios, aplicaciones y tecnologías, que utilizan diversos tipos de equipos y de programas informáticos, que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001), las cuales no sólo involucran el uso de una serie de software, equipos, instrumentos y medios, sino que implican una actividad social que reside en la aplicación de la ciencia a la optimización de procesos de información y comunicación, planteados desde la perspectiva de la construcción y socialización del conocimiento, a fin de

comprender y atender necesidades del contexto social y lograr el bienestar para todos los seres humanos (Portilla & Saussure, 2016).

En lo que concierne al ámbito educativo las TIC son consideradas como medios, no fines, por ello son consideradas como instrumentos y materiales de construcción que facilitan el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y las distintas formas de aprender, y el conocimiento de los estilos y ritmos de aprendizaje de los discentes, ofreciendo un auténtico desafío para el desarrollo de la cultura, la ciencia y, por ende, la educación puesto que todas las actividades que se realizan integran tecnologías cada vez más dinámicas, interactivas y con mayor aplicabilidad para hacer posible la comunicación (Adell & Castañeda, 2012). El desafío que representa la inclusión de las TIC en la dinamización de la vida escolar está relacionados con los retos que el sistema educativo ha de asumir para afrontar un cambio social caracterizado por ser digital y emergente digital (Rodríguez M. , 2011), a fin de tejer nuevas redes de aprendizaje en todos los agentes de la comunicación educativa (Cabero & Llorente, 2008), lo que ofrece a la gestión del conocimiento en la era digital una oportunidad para hacerla más eficiente, creativa, innovadora e incluyente.

Lo anterior será posible si las acciones pedagógicas implementadas al interior de los centros educativos, como afirma Area (2008), posibilitan un espacio real de alfabetización digital, al tener en cuenta que las TIC son instrumentos al servicio de una nueva pedagogía que actúan como elementos útiles para la resolución de problemas, puesto que pueden insertarse en las metodologías, dándoles un toque de modernidad e inclusión y favoreciendo la educación personalizada y el aprendizaje híbrido y de calidad.

Las TIC son elementos que posibilitan la construcción emergente de nuevos procesos de enseñanza y de aprendizaje si el docente como eje orientador les da un carácter y un sentido formador acorde con las necesidades del discente, de la institución, del sistema educativo y de la familia (Amor & Águeda, 2012). Además permiten hacer un proceso de conexión de lo que se aprende en el aula con lo que se aprende en casa, puesto que la vida misma se constituye como un ecosistema digital en el que los estudiantes se desenvuelven (Aguaded & Cabero, 2014), ya sea en el sector laboral, la sociedad civil o los mecanismos de interacción, es decir las TIC propician espacios de aprendizaje para las actuales generaciones que se desenvuelven en lo que Bauman denomina una modernidad líquida (Bauman, 2004).

La sociedad actual responde a ciertas denominaciones que permiten delimitar sus diferencias de desarrollo, como lo proponen García, Traver & Candela (2001), las cuales se refieren a distinguir entre:

- La sociedad de la información: Un sistema social, que se fundamenta en las nuevas tecnologías, posibilitando el acceso a un sinnúmero de información, de datos, sobrepasando las barreras de espacio tiempo.
- La sociedad del conocimiento: Referida a la capacidad de captar información y otorgarle un significado siendo la precursora de la sociedad del conocimiento.
- La sociedad de aprendizaje: Se refiere a la capacidad que tienen las personas de emplear las tecnologías para interpretar la información derivada del uso de las tecnologías, creando comunidades de aprendizaje.

Las mencionadas diferenciaciones con respecto a la sociedad en que vivimos deriva en las llamadas tecnologías del aprendizaje y el conocimiento, TAC, entendidas como una especialización de las TIC, que conducen a realizar actividades de aprendizaje por medio del uso de la informática y el internet (Barba & Capella, 2010), con lo que se establece que de una sociedad de la información producto del auge de las TIC con la intención de gestionar y acumular la información que se genera, se pasa actualmente a la Sociedad del Conocimiento, en la que el manejo de las tecnologías ya no está destinado a acumular y gestionar información, sino a transformarla en conocimiento, mediado por las tecnologías que llevan a la consecución del aprendizaje (Almenara, 2007).

Desde las perspectivas de la didáctica la incorporación al sector educativo de las Tecnologías de Información y Comunicación, TIC, ha puesto de manifiesto la oportunidad para implementar nuevas estrategias que conducen a facilitar el aprendizaje de las matemáticas, cuyas concepciones, alcances e implicaciones se analizan a continuación.

2.3 Teorías que fundamentan las didácticas emergentes

2.3.1 Pedagogías emergentes. Dados los vertiginosos cambios culturales y sociales que se presentan en nuestro entorno y sabiendo que la educación se mueve en las esferas de la era digital, se abre un panorama para las TIC las cuales se asocian con la producción del conocimiento y con los procesos de innovación educativa, y satisfacen la necesidad explícita de involucrar las herramientas tecnológicas con el quehacer docente, lo que conduce a ahondar sobre las pedagogías emergentes. Para Adelle & Castañeda (2012) ésta pueden comprenderse

como un conjunto de enfoques e ideas pedagógicas, cuya sistematización se encuentra en construcción, que cobra vida en torno a las TIC en educación y que pretenden aprovechar todo su potencial comunicativo, informacional, colaborativo, interactivo, creativo e innovador con el fin de fundamentar una nueva cultura del aprendizaje.

Lo anterior determina que la relación entre tecnología y pedagogía sea compleja y simbiótica, al constituirse como herramienta con la que las personas transforman su entorno y, al hacerlo, se transforman a sí mismos. Como se sustentó en la revisión documental la tecnología está implícita en la práctica educativa brindando posibilidades didácticas pero también restricciones, que los docentes deben reconocer; es en el la praxis educativa que se determina el uso de las TIC y la puesta en acción de la tecnología, allí evoluciona y se convierte en parte indisociable de la práctica (Cabero, 2016; Escobar & Escobar, 2016).

De acuerdo con lo anterior y en virtud de facilitar la comprensión de las ciencias matemáticas en espacios académicos universitarios, se propone la incorporación de la realidad aumentada como tecnología emergente para sustentar procesos académicos en el aula.

2.3.2 Realidad aumentada como didáctica emergente. En la actualidad los discentes en general son individuos que han crecido bajo la influencia de ordenadores, consolas, tabletas, celulares, redes de internet, etc., por lo que suelen mostrar grandes motivaciones y afinidades con su uso y una capacidad innata para interactuar de forma intuitiva con diferentes dispositivos a través de una gran variedad de softwares y aplicaciones que facilitan las tareas que deben realizar, tanto en el ámbito académico como en el personal (Cabero, y otros, 2016).

Lo anterior ofrece a las estudiantes una fuente de experiencias que les permite “compartir de forma natural, activa y participativa sus conocimientos, intereses, habilidades y prácticas sobre temas diversos” (Casado, 2011, párr. 4), lo que pone de manifiesto que las TIC han permeado la educación con el fin de apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje en consonancia con la tentativa de potenciar los modelos de enseñanza; llevando la cotidianidad del aula basada en el uso del tablero a una diapositiva proyectada en un televisor o a una presentación en video-beam, entre otros, en la búsqueda de alimentar y hacer más amenas las actividades de aprendizaje aprovechando los recursos basados en imágenes, sonidos y los elementos multimedia.

La RA ha sido considerada como una de las tecnologías más importantes de estos últimos años, tal y como lo refleja la información suministrada por Gartner Research (2012) o los

informes de Horizont Report (Johnson et al., 2009; Johnson et al., 2010; Johnson et al., 2011) en los cuales se “manifiesta el interés que ha suscitado en los investigadores el potencial pedagógico de la RA” (Cubillo, Martín, Castro, & Colmenar, 2014, p. 244). De este modo se establece la pertinencia del uso de aplicaciones en Android e iOS, en muchos casos gratuitas, para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de contenidos didácticos de diferentes áreas del conocimiento (Cabero, y otros, 2016).

En este sentido, una de las tecnologías que en los últimos tiempos se está presentando como emergente y que ofrece claras posibilidades de impactar en el terreno educativo es la realidad aumentada RA (augmented reality), la cual puede entenderse como una tecnología que integra señales captadas del mundo real (generalmente video y audio) con señales generadas por computadores (objetos gráficos tridimensionales) que se integran para construir nuevos mundos coherentes, complementados y enriquecidos, en la que se identifican la coexistencia de objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio (Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche, & Olabe, 2007).

Teniendo en cuenta los aportes de diversos autores como Fombona, Pascual & Madeira (2012), la Fundación Telefónica (2011) y Cabero (2015) la RA se puede entender como la integración de información digital e información física en tiempo real por medio de dispositivos tecnológicos, a fin de crear una nueva realidad, donde la información virtual y real se complementan; para Cabero, García & Casado (2016) esta tecnología se caracteriza principalmente por: Combinar objetos virtuales y reales en un entorno real, alinear objetos virtuales y reales entre sí y ejecutar la interacción de los componentes en forma interactiva y en tiempo real. “La información virtual pueden ser imágenes, objetos 3D, textos, videos etc. Durante este proceso, la percepción y el conocimiento que el usuario tiene sobre el mundo real se ve enriquecido” (Grifantini, 2009, como se citó en Cubillo, & otros, 2014, p. 244).

Dichas interacciones no reemplazan el mundo real por uno virtual (Prendes, 2015), como sí sucede con la realidad virtual (RV), sino que, al contrario, mantiene el mundo real que el individuo está observando complementándolo con información virtual superpuesta a la real, posibilitando que la persona no pierda en ningún instante el contacto con el mundo real y que su atención esté centrada en el objeto de conocimiento, como se observa en la ilustración 9.



Ilustración 9. Interacción de la realidad aumentada. Fuente: Google.com, recuperada de https://www.google.com.co/search?q=elementos+de+la+realidad+aumentada&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiw54qOqujfAhURk1kKHdm2AHMQ_AUIDigB&biw=1313&bih=737#imgrc=si63M0vNbwo2M.

Las características mencionadas destacan que la combinación de los dispositivos móviles con nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) plantean un sinnúmero de opciones que podrían alimentar las estrategias de enseñanza y aprendizaje dada la gran difusión, uso e implementación de estos dispositivos y el auge que está teniendo la RA, como se aprecia en la revisión bibliográfica sobre el tema (Ally, 2009; Cubillo, & otros, 2014; Doswell, Blake, & Butcher-Green, 2006; Fombona, & otros, 2012; Martin, Mullis, Foy, & Stanco, 2012; Papagiannakis, Singh, & Magnenat-Thalmann, 2008; Rohaya, Rambli, Matcha, Sulaiman, & Nayan, 2012; Santos & Ali, 2011).

El empleo de éstas tecnologías podría contribuir a superar los problemas que se dan sobre las limitaciones del espacio y del tiempo en el aprendizaje, no resueltas por los métodos tradicionales de e-learning (Ebner & Holzinger, 2007), por lo que el uso de los dispositivos móviles podría ser una oportunidad que proporcionaría una deslocalización y una ubicuidad real, posibilitando la autonomía con respecto al tiempo y el espacio en comparación con otras tecnologías basadas en el computador estándar (Virvou & Alepis, 2005).

Por ello, el potencial real de la RA se centra en que permite crear experiencias de aprendizaje centradas en el estudiante y proporcionar oportunidades para la colaboración entre ellos o directamente con el profesor (Kaufmann & Schmalstieg, 2003; Klopfer & Squire, 2008; Klopfer, Perry, & Squire, 2005; Pemberton & Winter, 2009; Billinghamurst, Kato, & Myojin, 2009; Kamarainen, y otros, 2013). Los desarrollos investigativos en torno al tema han puesto de manifiesto que los sistemas de aprendizaje con RA son muy eficaces para suministrar información detallada a los usuarios que llevan a cabo multitareas de manera simultánea

(Kalawsky, Hill, Stedmon, Cook, & Young, 2000) fomentando y desarrollando la adquisición de diversas habilidades tales como la capacidad espacial, habilidades prácticas, la comprensión conceptual y la investigación (Chen & Tsai, 2012).

Los informes educativos indican que el uso de entornos de RA en el desarrollo de las clases como elemento didáctico puede proporcionar una motivación extra en términos de interés, uso del tiempo libre, curiosidad y ampliación de la información para los estudiantes (Cuendet, Bonnard, Do-Lenh, & Dillenbourg, 2013; Matt & Mitchell, 2012; Wojciechowski & Cellary, 2016) y, más aún, “podrían establecer posibilidades de aprendizaje colaborativo alrededor de contenidos virtuales en entornos más activos de aprendizaje” (Bujak, y otros, 2013, como se citó en García-Valcárcel, 2016, p. 18).

Lo cual pone de manifiesto el hecho que incluir nuevas tecnologías en el aula como la RA, genera posibilidades de crear nuevos mundos (micro-mundos) de aprendizaje, ya que este tipo de tecnologías permiten facultar al estudiante en el aprendizaje autónomo, cooperativo, despertando su inquietud por explorar y conocer lo cual lo conduce a crear ecosistemas de aprendizaje (Arribas, Gutiérrez, Gil, & Santos, 2014).

También, la implementación de estrategias basadas en RA, promueve el diseño y elaboración de material didáctico (ayudas audiovisuales, modelos, prototipos, etc.) en pro de un aprendizaje colaborativo por parte de los estudiantes, también lleva a los docentes a experimentar experiencias que alimentan la realidad cotidiana (no sólo de la labor como docentes sino de su diario vivir), conjugando la realidad física con componentes de la virtualidad (Leiva, Guevara, Rossi, & Aguayo, 2014; Cabero, 2016), lo que lleva a mejorar la calidad de vida y a hacer del aprendizaje una experiencia significativa.

Así mismo el uso de la RA, también permite contribuir a elevar el nivel de motivación y agrado del estudiante en el uso de tecnologías nuevas de visualización, mejorando satisfactoriamente el proceso de enseñanza y mediando el proceso de aprendizaje, también representa un soporte tecnológico, especialmente eficiente en lo concerniente con la manera como los estudiantes perciben la realidad física, con lo cual el papel del docente se transforma a orientador creando oportunidades de cambio de roles (Informe Horizon) (Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2012).

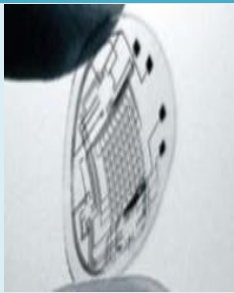
Es evidente entonces por lo descrito que las características de la RA muestran un gran potencial para el trabajo en educación en cuanto a sus previsibles resultados, como bien

defienden varios autores (De Pedro & Méndez, 2012; Cabero, y otros, 2016), sin embargo, es de vital importancia resaltar que incorporar estos recursos a los ambientes educativos requiere de un gran compromiso entre los actores: institución, profesor, estudiante y familia para el acompañamiento del proceso.

La RA es una tecnología interactiva, novedosa y funcional por lo cual se presenta en diferentes niveles (Prendes, 2015), debido a que se ha desarrollado por etapas, la primera dada con la representación de objetos reales a partir de códigos QR, la segunda y tercera superponiendo a una imagen real obtenida a través de una pantalla imágenes, modelos 3D u otro tipo de informaciones generados por ordenador, las cuales se diferencian por el uso o no de marcadores y la tercera generando espacios reales aumentados a través del uso de lentes, lo que es propicio para estudiar diferentes ambientes y temáticas, más a nivel educativo. En la siguiente tabla se especifican las características de dichos niveles:

Tabla 5

Niveles de la realidad aumentada

Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
			
Este nivel hace uso de los códigos de barra (enlaces 1D, Universal Product Code), códigos 2D (por ejemplo los códigos QR) o reconocimiento de imágenes aleatorias. Hiperenlaces a otros contenidos.	El nivel 1 emplea marcadores (marker based RA). Posibilita el reconocimiento de patrones 2D, el reconocimiento 3D de objetos, se constituye como la forma más avanzada de nivel 0 de RA	RA sin marcadores (markerless AR). Funciona acorde al uso del GPS y la brújula que contienen los dispositivos electrónicos, a fin de localizar la situación y la orientación y superponer (es decir	Este nivel permite la visión aumentada, a través del uso de lentes oculares ligeros, transparentes, lo cual lleva la RA a convertirse en VA (visión aumentada), es

localizar puntos de interés).	inmersiva.
----------------------------------	------------

Fuente: Elaboración propia Imágenes tomadas de Prendes (2015), pp. 187-203.

A modo de conclusión de este apartado la RA, desde el punto de vista tecnológico de acuerdo con Ying (2010) y con Informe Horizon (Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2012), provee un escenario diferenciador que no se da en la educación actual común y que está determinado por i) la posibilidad de realizar experimentos o prácticas que no pueden ser llevadas a cabo muchas veces por falta de dinero para cubrir el costo de insumos y materiales, ii) la dificultad para tener disponibles las instalaciones (laboratorios, talleres, bibliotecas, etc.), ya sea por espacio y/o por tiempo, iii) La ejecución de experimentos complejos y peligrosos, puesto que muchos de ellos pueden poner en peligro la vida de los estudiantes (con la RA se puede interactuar con modelos virtuales en tiempo real y ver los superpuestos resultados obtenidos en el mundo real), iv) permite la observación de experimentos o fenómenos de difícil observación en el entorno puesto que ocurren muy lentamente como el crecimiento de una planta, así como la de fenómenos a nivel micro y macroscópico iv) posibilita experiencias de aprendizaje extra aula, con mayor contextualización y basadas en el descubrimiento, v) provee una oportunidad transdisciplinar al permitir entender el contexto en sus diferentes niveles de realidad, ya que permite a los estudiantes visualizar el proceso captando detalles que en un entorno bidimensional pasarían desapercibidos, v) su aplicación en dispositivos móviles y en combinación con software colaborativo benefician la construcción social del aprendizaje en interacción con el entorno físico, vi) su uso forja metodologías de trabajo con mayor participación, versatilidad y de corte constructivista, contribuyendo a la mejora de la motivación de los estudiantes y contribuyendo al aprendizaje por descubrimiento, vii) alimenta la interactividad en los libros de texto, donde se integran imágenes para que el alumno pueda explorar los objetos desde todas las perspectivas posibles (transdisciplinariedad).

Finalmente, la RA, desde una perspectiva educativa, puede entenderse como una tecnología específica con unas particulares propias en la que la mera visualización de los recursos virtuales no es suficiente para lograr el aprendizaje, haciendo necesario contextualizar y apoyar de forma directa o indirecta las actividades que llevan a su uso e incorporación, por el

profesor, a fin de obtener una formación que conduzca a la comprensión clara y efectiva de los temas objeto de estudio.

2.3.3 Desarrollo cognitivo de las personas a partir del uso de las TIC. En razón del problema de investigación antes planteado, se define como objeto de estudio la relación existente entre el desempeño y rendimiento académico de un grupo de estudiantes con respecto a la utilización de recursos tecnológicos como mediación pedagógica en sus procesos de enseñanza y aprendizaje en virtud de potenciar sus estilos de aprendizaje, puesto que involucrar estos recursos brinda una oportunidad para que las potencialidades sean más explícitas y así el estudiantes pueda reconocerlas y aprovecharlas en virtud de mejorar su proceso de aprehensión.

Para dar inicio a la revisión, se ha tomado como punto de inicio el concepto del desarrollo cognitivo de las personas, dada la necesidad de profundizar en los procesos que conciernen a la construcción de conocimiento; a fin de aclarar la manera como un individuo se apropia del conocimiento, lo interioriza y se apropia del llamado conocimiento (da cuenta de) en un campo de estudio particular.

En este sentido, el desarrollo cognitivo de las personas está asociado a “los cambios que se producen con la edad en el funcionamiento cognitivo de las personas” (Gutiérrez, 2005, p. 13); lo que se refiere al progreso de la capacidad de pensar y de razonar que tiene o muestra una persona; de esta manera se evidencia que el individuo transforma sus procesos de pensamiento acorde a cómo va viviendo experiencias y de raciocinio conforme a su desarrollo físico, puesto que a medida que crece hay un cierto grado de especialización y pericia, al perfeccionarse la motricidad fina, la coordinación, entre otros. Dicha apropiación conduce a la modificación de sus capacidades cognitivas, e decir aquel cúmulo de información que la persona adquiere dado el proceso de aprendizaje al que está expuesto.

Lo anterior conduce a inferir que al estar inmersos en un contexto, hay una predisposición a “aprender”; aspectos que resultan consecuentes con lo aportado por Piaget (1991) quien expone:

El desarrollo es, en un sentido, un progresivo equilibrarse, un paso perpetuo de un estado menos equilibrado a un estado superior de equilibrio. Desde el punto de vista de la inteligencia, resulta fácil oponer la inestabilidad y la incoherencia relativas de las ideas infantiles, a la sistematización de la razón adulta (p. 11).

Lo que conduce a pensar el desarrollo cognitivo transluce la evolución intelectual del individuo, es decir, su capacidad de conocer, pensar, razonar y actuar acerca del mundo que lo rodea, siendo evidente que el desarrollo físico propicia el avance cognitivo.

El anterior proceso se inicia con una acción intelectual denominada cognición, cuyo término se puede entender como aquel “un conjunto de habilidades que tienen que ver, básicamente, con los procesos ligados a la adquisición, organización, retención y uso del conocimiento” (Gutiérrez, 2005, p. 60) puesto que se da un proceso de asimilación, de pensamiento, de análisis, que conduce al sujeto a la consecución del conocimiento, marcando un camino a seguir para aprender, lo que subyace en el llamado acto de conocer.

Dicho termino se puede entender como “La aprehensión que no se efectúa mediante proposiciones, como la percepción, la memoria, la introspección, etc. y las proposiciones o juicios que expresan esta aprehensión” (Runes, 1981, p. 60), por ello conocer es un suceso en el que la persona identifica un objeto de estudio de su interés o que este inmerso en los contenidos de su proceso de especialización necesario para afrontar la vida y dar respuesta a las necesidades de su entorno, con lo que surge una relación que desencadena en múltiples acciones asociadas a percibir o recordar y formular juicios de valor ante ese objeto; lo cual se hace posible con la relación que se da entre el sujeto y el objeto.

Lo anterior conduce a pensar que la construcción de conocimiento demanda un proceso de interacción entre quien conoce y el objeto de estudio, la cual se encuentra mediada por numerosos elementos que influyen en la relación que surge entre sujeto y objeto, la cual puede ser de tipo positivo o negativo; lo que se conoce como el entorno de desarrollo; lo que se asocia con lo expuesto en la teoría ‘zona de desarrollo próximo’ por Vygotsky, quien relaciona la capacidad de aprendizaje del sujeto con su nivel de desarrollo y con las condiciones en que se da el aprendizaje, lo que pone en evidencia que la acción didáctica que ejercen el docente, la relación con los compañeros y las mediaciones utilizadas para el aprendizaje, son factores determinantes para potenciar los procesos de adquisición de conocimientos.

Otro aspecto importantes, es la diferencia que existe entre el nivel de desarrollo que el estudiante puede alcanzar de manera individual y el que logra con la contribución de sus compañeros más aventajados, dicha diferencia se conoce como “zona de desarrollo próximo” cuyo concepto está relacionado como sigue:

La capacidad de resolver problemas autónomamente y el nivel de desarrollo potencial, de acuerdo con la orientación del docente, de un adulto, de una persona con más experiencia o en colaboración con pares más capacitados (Vygotsky, 1978, p. 86), con lo que el proceso de enseñanza no se ciñe solo a la intervención del docente, sino que existe una contribución de los contextos de aprendizaje, los que pueden ser determinantes a la hora de aprender. Por ende, la primera relación de los sujetos se establece a través de la interrelación con el entorno, que luego de darse permite la construcción de saberes referidos a lo que le rodea.

Para Vygotsky el proceso de aprendizaje se forma en el plano social y posteriormente pasa a un plano psicológico, por tanto “toda función aparece dos veces en el desarrollo cultural del niño: primero en el nivel social, y más tarde en el nivel individual[...]. Todas las funciones superiores se originan como relaciones reales entre individuos humanos” (Vygotsky, 1978, p. 57). Lo que evidencia que se dé el proceso de aprendizaje influye significativamente en los saberes que construye el sujeto, situación que aproxima a la forma como el contexto interviene en el docente y en los procesos de enseñanza; aprender requiere de una internalización de saberes, es decir “el niño primero crearía relaciones con los otros, y estas relaciones una vez internalizadas, cimentarían la base de los procesos cognitivos del pequeño” (Tryphon, 2000, p. 82), por ello la interacción con otros, el análisis interno de lo que se conoce conduce al aprendizaje no solo temporal sino a largo plazo.

También es claro que la mediación se contempla como un elemento determinante a la hora de potenciar el desarrollo cognitivo del individuo, pues aquellos escenarios que facilitan el aprendizaje estimulan la construcción de saberes y son capaces de favorecer positivamente el desarrollo del sujeto, lo cual es concordante con la afirmación del autor en cuanto a que “el aprendizaje contribuye al desarrollo, es decir, es capaz de tirar de él; esta consideración asigna al profesor y a la escuela un papel relevante, al conceder a la acción didáctica la posibilidad de influir en el mayor desarrollo cognitivo del alumno” (Nieda & Macedo, 1997, p. 3).

En este sentido, la mediación se relaciona también con otro aspecto, “el entorno”, referido a las diversas ubicaciones físicas, contextos y culturas en las que los estudiantes o los sujetos aprenden, puesto que su influencia, entre otras, incide en la formación de las funciones mentales superiores del ser humano, como son: la atención, el aprendizaje, la memoria, el lenguaje, las emociones, la conciencia, el pensamiento y el razonamiento, lo cual pone de manifiesto éstas deben tomarse como productos o consecuencias de una actividad mediada (influenciada).

Se constituye de este modo la teoría de Zona de Desarrollo Próximo formulada por Vygostky como eje fundamental en el desarrollo conceptual de la presente investigación, al considerarse el uso de recursos tecnológicos como un factor influyente dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje, que hace parte del entorno de aprendizaje y que, como tal, tiene incidencia en el mismo; por ello se pretende determinar hasta qué punto o de qué forma este factor puede influir en el proceso cognitivo de los estudiantes y afectar su rendimiento en el área de Matemáticas, puesto que, como se mencionó anteriormente, el desarrollo potencial de los estudiantes puede modificarse de acuerdo con la incidencia que tenga para cada uno de ellos y en lo colectivo el uso de estos recursos, su capacidad de aprendizaje por tanto estaría dada por una Zona de Desarrollo Próximo que se complementaría por los recursos tecnológicos y la acción didáctica que se puede ejercer por medio de ellos.

Para complementar lo expuesto por Vygotsky y teniendo en cuenta que la presente investigación plantea experimentar con grupos de estudiantes cuyas edades oscilan entre los 11 y los 14 años, es necesario revisar las teorías propuestas por Piaget en relación con el pensamiento y sus operaciones en los niños de las edades mencionadas, ello con el fin de tener una visión individual del proceso de aprendizaje en el grupo descrito. Al respecto Piaget afirma:

Cumplidos los once o doce años se explicita el pensamiento formal, justamente, o sea que las operaciones lógicas empiezan a ser transpuestas del plano de la manipulación concreta al de las meras ideas, expresadas en cualquier tipo de lenguaje (el lenguaje de las palabras o de los símbolos matemáticos, etc.), sin embargo, esto se da sin el apoyo de la percepción, de la experiencia y ni siquiera de la creencia. (1995, p.85)

Las dos posturas revisadas anteriormente, permiten tener una apreciación acerca del grupo experimental tanto en el perfil individual como en el colectivo, éste se ha caracterizado por estar conformado por niños en pleno desarrollo de pensamiento formal, con capacidades de abstracción y representación; de otro lado se presenta un grupo cuya zona de desarrollo próximo es susceptible a modificaciones que tienen como objeto potenciar sus capacidades cognitivas; es decir la postura Piagetiana ofrece la caracterización respectiva acerca de la forma como pueden asimilar los conocimientos los grupos experimentales, mientras que la postura Vygostkyana indica de qué forma se pueden potenciar estos procesos de aprendizaje mediante la manipulación del entorno.

Definido el paradigma de aprendizaje a considerar para resolver el interrogante propuesto, es necesario revisar al interior del área de estudio que se investiga y los referentes teóricos que pueden orientar el proceso de construcción de conocimientos. Al respecto Gardner (2016) propone su teoría de inteligencias múltiples en la que enuncia seis tipos de inteligencias, a saber: espacial, musical, corporal, intra e inter personal, naturalista lingüística y lógico-matemática. Para el presente caso se hará referencia a la inteligencia lógico matemática de acuerdo con el problema descrito.

La teoría de inteligencias múltiples expuesta por Gardner define la inteligencia como “la capacidad para resolver problemas, o para elaborar productos que son de gran valor para un determinado contexto comunitario o cultural” (1995, p. 25). De nuevo el contexto juega un papel importante en el desarrollo intelectual del individuo, los procesos inteligentes tienen como fin producir conocimientos que puedan ser aplicados en determinados contextos (Didaxis S.G.E., 2007, p. 10).

Se infiere de lo anterior que el entorno influye en el desarrollo de la inteligencia, como estímulo y como receptor de su producido, lo cual va de la mano con lo formulado por Vygostky; además el factor biológico determina la capacidad intelectual del individuo según lo planteado por Gardner, en concordancia con lo que propone Piaget; de este modo se establece un punto de intersección entre estos tres autores en relación con el área de aprendizaje en cuestión.

Con base en la teoría de Gardner, en la que se considera que el ser humano posee los diversos tipos de inteligencia, pero que desarrolla principalmente algunas de ellas, se toma la inteligencia lógico matemática como el tipo de inteligencia a incentivar a través de los procesos de enseñanza y aprendizaje para la presente investigación. Para lograr este objetivo es necesario proponer un tratamiento que sea adecuado para estimular éste tipo de inteligencia, según Gardner “la enseñanza explícita debe valorarse a la luz de las trayectorias evolutivas de las inteligencias. Los estudiantes se benefician de la enseñanza explícita sólo si la información o el entrenamiento ocupan su lugar específico en la progresión evolutiva” (1995, p. 47) (Didaxis S.G.E., 2007, p. 11).

Para Gardner en cada etapa del desarrollo evolutivo debe existir un tratamiento especial para fomentar un tipo de inteligencia, el autor se muestra en acuerdo con la teoría Piagetiana del desarrollo evolutivo y plantea que a cada etapa de éste desarrollo corresponde un tratamiento especial de acuerdo con el tipo de inteligencia que se posea; en el caso de la inteligencia lógico –

matemática Gardner enuncia que los estudios hechos por Piaget documentan suficientemente el desarrollo evolutivo del individuo, para Gardner la inteligencia que estudiaba Piaget era en específico éste tipo de inteligencia, por lo cual considera que el tratamiento para estimular la inteligencia lógico matemático está determinado por los estadios cognitivos.

La potenciabilidad del desarrollo cognitivo de los estudiantes obedece a la mediación que se dé en el proceso de aprendizaje, este proceso podría enriquecerse mediante el diseño de estrategias didácticas que favorezcan los procesos de enseñanza, en este punto se asume que los recursos tecnológicos pueden contribuir en gran medida a lograr un mayor desarrollo cognitivo.

2.4 Teorías que apoyan la transdisciplinariedad

La transdisciplinariedad representa una búsqueda que no se restringe a lo disciplinar, su conceptualización comienza en los años 70 con los trabajos de estudiosos como Jean Piaget (1972), Eric Jantsch (1979), Edgar Morin (2005), entre otros, para expresar categóricamente en el campo de la enseñanza la transgresión de las fronteras metodológicas entre disciplinas, es decir, entendiéndose el saber y sus relaciones desde la idea de la totalidad como una manera de pensar, entender e interpretar la realidad.

Lo anterior determina que las metodologías que dieron origen a la ciencia moderna condujeron a una ruptura brutal entre el sujeto que conoce y la realidad, es decir, entendiendo la realidad en pequeñas divisiones, este sentido, la verdad se erige sobre la objetividad que ha transformado al sujeto en objeto (Nicolescu, 1996), lo cual lo conduce a interpretar erróneamente el ambiente en el que se desenvuelve.

En este sentido, la interdisciplinariedad se refiere a la interacción entre dos o más disciplinas, que dan como resultado una intercomunicación y un enriquecimiento recíproco, el cual se refiere a una transformación de los enfoques con que abordan una objeto específico, ya sea abstracto o concreto, de acuerdo con esta afirmación la interdisciplinariedad así concebida, no busca la desaparición de las disciplinas, ya que la existencia de estas es una condición para su desarrollo (2004), para el segundo aspecto la interdisciplinariedad se define como una filosofía y marco metodológico que puede caracterizar de diversas maneras la práctica científica (Nicolescu, 1998).

Por ello se basa en la búsqueda sistemática de técnicas de integración de las teorías, métodos, instrumentos, y, en general, de fórmulas de acción científica de diferentes disciplinas, a

partir de una concepción multidimensional de los fenómenos y del reconocimiento del carácter relativo de los enfoques científicos por separado, por ende su intencionalidad es la pluralidad de perspectivas (representaciones) en la base de la investigación (Morin, 2002).

Dichos procesos influyen en la medida en que garantizan el acceso, la conducción, la transferencia, la revolución, la producción y la proyección del conocimiento, por otro lado, la interdisciplinariedad, vista desde la polidisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad, simboliza una interdependencia de las ciencias (saberes) en las que existen lazos de relación y de solidaridad para articular los dominios disciplinarios en un sistema teórico común; lo que deriva en que desde la misma disciplina se instaure una categoría organizacional para el conocimiento científico con lo cual se genera el desarrollo de una especialización del trabajo disciplinar (Gil F. , 2011).

Por ende la transdisciplinariedad se constituye como aquella práctica de un aprendizaje y quehacer holístico con el poder de permear las divisiones tradicionales del saber y el conocimiento, no obstante respetando el saber acumulado (Magendzo, 1997; Zemelman, 2010), lo cual permite reconocer la naturaleza plural que trasciende áreas, con el fin de explorar y descubrir sin sesgos de los aportes que se han de encontrar a lo largo del camino investigativo acorde a la exploración y la contrastación.

Para Zemelman (1992) la realidad se asume más allá de lo constituido, de esta manera, lo transdisciplinario en la educación representa una búsqueda que sale de lo disciplinar, para asumir el saber y sus relaciones como un ente totalizador para comprender y pensar lo real (Motta, 2002), lo cual posibilita una lectura de la realidad, definida como dinámica y cambiante. Por ello el proceso educativo en consonancia con el diálogo de saberes permite desarrollar un pensamiento transversal que a su vez implica la búsqueda en lo transdisciplinar, o sea, pensar la realidad desde diferentes ángulos.

En este sentido, su implementación en la educación es un poco más compleja debido a que debe evitarse la subvaloración de otras áreas o ramas inherentes al objeto de estudio (Osorio, 2012). La intención es apreciar cada campo, aplicando todas las habilidades y la experticia para ver más allá de las barreras y límites convencionales, con el fin de romper las barreras del conocimiento y proyectarse al hacer y al quehacer (Nicolescu, 2013). Es decir, el proceso educativo abre la posibilidad de establecer un diálogo de saberes que permita desarrollar un pensar transversal que conduzca a lo transdisciplinar (Zemelman, 1992), de este modo con el

llamado concepto ordenador, se reemplaza lo teórico general por una exigencia epistemológica general, es decir, se avanza en la relación entre los conceptos reconfigurándolos y articulándolos para entenderlos como un todo coherente y complejo.

En consecuencia, siendo la realidad compleja y multidimensional, la transversalidad opera a nivel del pensamiento y permite transversalizar diferentes nociones del saber, las cuales se derivan de la experiencia y el diálogo escuela-comunidad, haciéndose explícitas a partir de aproximaciones que superan lo convencional de las pautas culturales, llevando al sujeto a una comprensión de la realidad desde la construcción colectiva, desplegando la relación sentidos subjetivos-saberes en construcción (Pérez, Alfonso, & Curcu-Colón, 2013).

De acuerdo con lo anterior, los elementos para potenciar el aprendizaje en el diseño de currículos desde lo transdisciplinar complejo y generar espacio de reflexión y diálogo pueden ser expuestos de la siguiente forma, desde la mirada de Motta (2002) y (Medina, 2013):

1. A partir de un soporte metodológico gestionar espacios de reflexión que permitan compartir experiencias y cuya orientación puede ser: teórico, práctico o simbólico.
2. Haciendo uso de análisis críticos, narración de prácticas, historias de vida, blasones, simbolizaciones poéticas, etc., dar a conocer a la comunidad de aprendizaje una producción intelectual coherente acorde al objeto de estudio.
3. Propiciar escenarios que propicien el cruzamiento y el intercambio del saber personal en la búsqueda de exponer los puntos de vista, escuchar las diferentes posturas, activar la conciencia de las diversas comprensiones de la realidad, inferir colectivamente, aportar de acuerdo al análisis colectivo, etc.

Puesto que el docente es el encargado de propiciar en la escuela los escenarios de transdisciplinariedad en la búsqueda de entender la complejidad de la realidad, es propicio perfilar el papel que debe asumir el docente a través de actividades y acciones tales como:

1. Generar conocimientos, acorde con las dificultades globales, que le permitan abordar problemas parciales y locales, con la finalidad de acercarse a los objetos de estudio en sus contextos.
2. Generar espacios de conocimiento que permitan suscitar, plantear y valorar el saber común (desde una perspectiva académica) o de experiencias vividas para conocer sus características mentales y culturales acorde a su contexto.

3. Abordar los objetos de conocimiento teniendo en cuenta lo físico, biológico, psíquico, cultural, social e histórico, con el propósito de reunir y organizar metodologías dispersas y contrarias, a fin de crear conceptos articulados que tengan en cuenta lo diverso.

4. Diseñar y promover espacios de construcción de conocimiento complejo desde una triple realidad: individuo-sociedad-especie, para que el estudiante comprenda su realidad sin desconocer su responsabilidad ética, colectiva y personal, con ello entenderá y podrá responder a las exigencias de su entorno.

Por su parte, también el estudiante debe asumir una nueva actitud que lo conduzcan a lograr un aprendizaje transdisciplinar, reflejado en acciones como:

1. Dados los procesos, trayectos o metodologías de aprendizaje transdisciplinar que posibilitan la integración del saber desde una mirada multidimensional, debe mostrar una actitud de reflexión, diálogo y complementariedad ante los entes que componen el sistema educativo.

2. Tener disposición anímica, mental y sentimental para articular y organizar las actividades que conduzcan a comprender el entorno, los problemas globales y así mismo traspalarlos al aula como mecanismo de conocimiento.

3. Poseer una actitud reflexiva, crítica y dialogante frente a sus problemas y los problemas de actuales a fin de comprender la realidad del mundo desde la perspectiva de intersolidaridad compleja, los antagonismos sociales, las crisis económicas y políticas y los procesos incontrolados de la información, la tecnología y la ciencia, siendo ésta la única manera de comprender la realidad compleja.

4. Poner en práctica la autocrítica en los procesos de comunicación y de comprensión con el otro como punto de partida para generar pensamiento transdisciplinar.

En el caso específico de las matemáticas se evidencia que éstas son un instrumento que usa diversas disciplinas para expresar relaciones, leyes, modelos, realizar los análisis de experimentos, etc. En cuanto a la relación de las matemáticas con otras áreas del conocimiento ésta tiene implicaciones importantes para la formulación las estrategias, didácticas, acciones pedagógicas, entre otras, apelando a la integración horizontal de las asignaturas.

2.5 Teorías que apoyan el concepto de desempeño académico

El concepto de desempeño académico puede interpretarse de diferentes maneras y bajo diversos contextos, por lo que resulta importante aclararlo. Cotidianamente, el término se usa indistintamente como sinónimo de rendimiento académico, aprovechamiento o aptitud escolar y,

como lo indica Edel (2003), las diferencias de concepto sólo se explican por cuestiones semánticas, pues en la práctica son utilizados como equivalentes.

El concepto de rendimiento académico es diverso, sirve como indicador de la medición de la calidad educativa (González D. , 2002), puesto que es posible diferenciar el logro del desempeño académico, teniendo en cuenta dos clases de definiciones: las que conjugan ambos conceptos como uno solo y las que lo distinguen.

En este sentido, el desempeño académico se puede entender como el grado de conocimientos que, mediado por la institución educativa, reconoce el sistema escolar que posee un individuo y que se expresa por medio de la calificación (escala de valoración) asignada por el profesor, reflejado en las calificaciones obtenidas por el alumno en las asignaturas evaluadas (Chaín & y Ramírez, 1996, como se citó en González, 2002), en el que se conjugan interacciones institucionales, pedagógicas, psicológicas y sociales.

Es evidente que el desempeño académico involucra tanto lo cognitivo como lo volitivo (Edel, 2003), por tanto es de vital importancia describir los factores que se tienen en cuenta a la hora de estudiar el rendimiento académico de los estudiantes, desde una mirada integral y comprendiendo que el estudiante se desenvuelve en un ambiente específico.

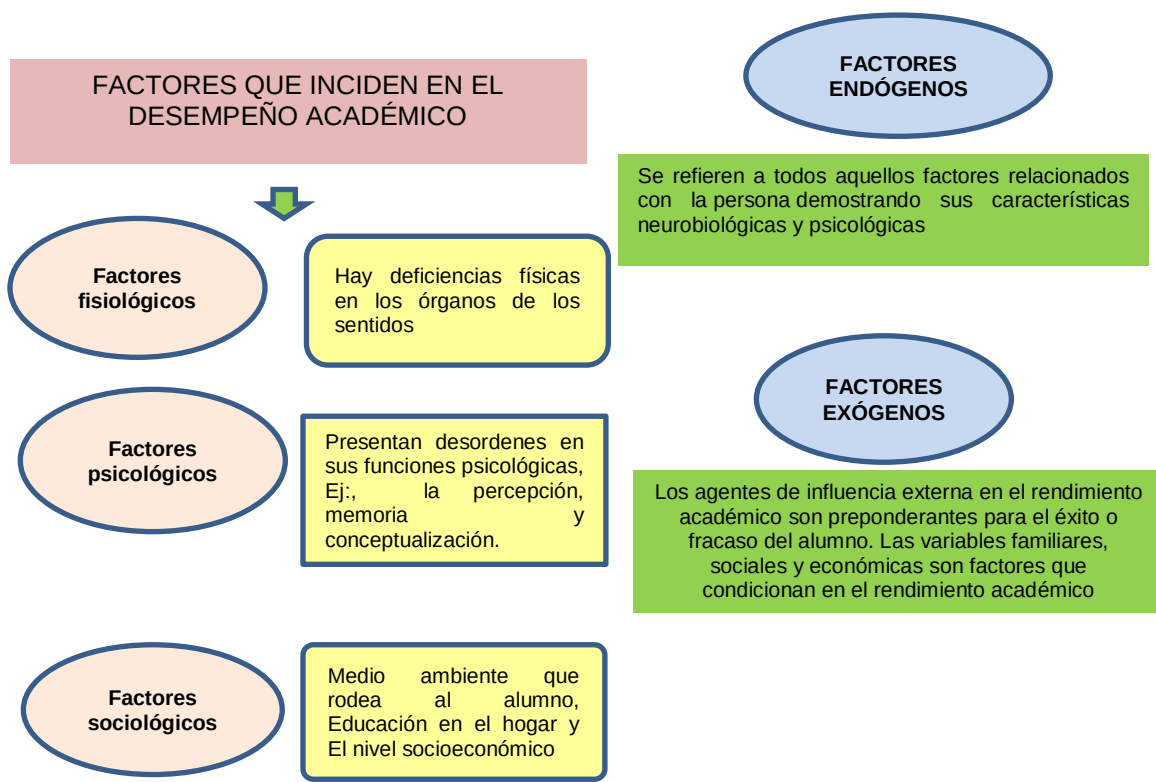


Ilustración 10. Aspectos que afectan el rendimiento académico. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, existen múltiples variables que afectan el desempeño escolar: la evaluación escolar, las calificaciones del alumno y el factor intelectual (Valencia, 2014), las cuales están condicionadas por la motivación del estudiante frente a su proceso, el autocontrol del alumno para asumir los retos de su entorno, sobre todo los que lo conducen por caminos de ocio, y las habilidades sociales enmarcadas en las relaciones académicas y con la comunidad, sus condiciones físicas (las naturales y las que puede modificar), por lo cual la valoración del desempeño no puede estar centrada solamente en la respuesta que se da a un examen.

En resumen, puede observarse que al involucrar en una investigación el concepto de desempeño académico siempre estará de por medio su medición con los resultados de evaluaciones que hace el profesor y que, finalmente, se cuantifican por medio de una calificación. Por otro lado, esa medición continuamente será relacionada con un contexto para entenderla. Éste contiene factores, tanto cuantitativos como cualitativos los cuales a través de las propias investigaciones y sus metodologías se han correlacionado para ver el grado de influencia en el desempeño, destacando un fuerte peso de los indicadores de desempeño previos.

Capítulo Tres. Diseño metodológico

*No hay rama de la matemática, por abstracta que sea,
que no pueda aplicarse algún día a los fenómenos del mundo real*
Lobachevski, M. Matemático ruso

En la Ilustración 11 se presenta un diagrama que sintetiza la metodología empleada en esta investigación, el tipo de estudio, el método, el paradigma de investigación y las fases de desarrollo que hicieron posible su realización.

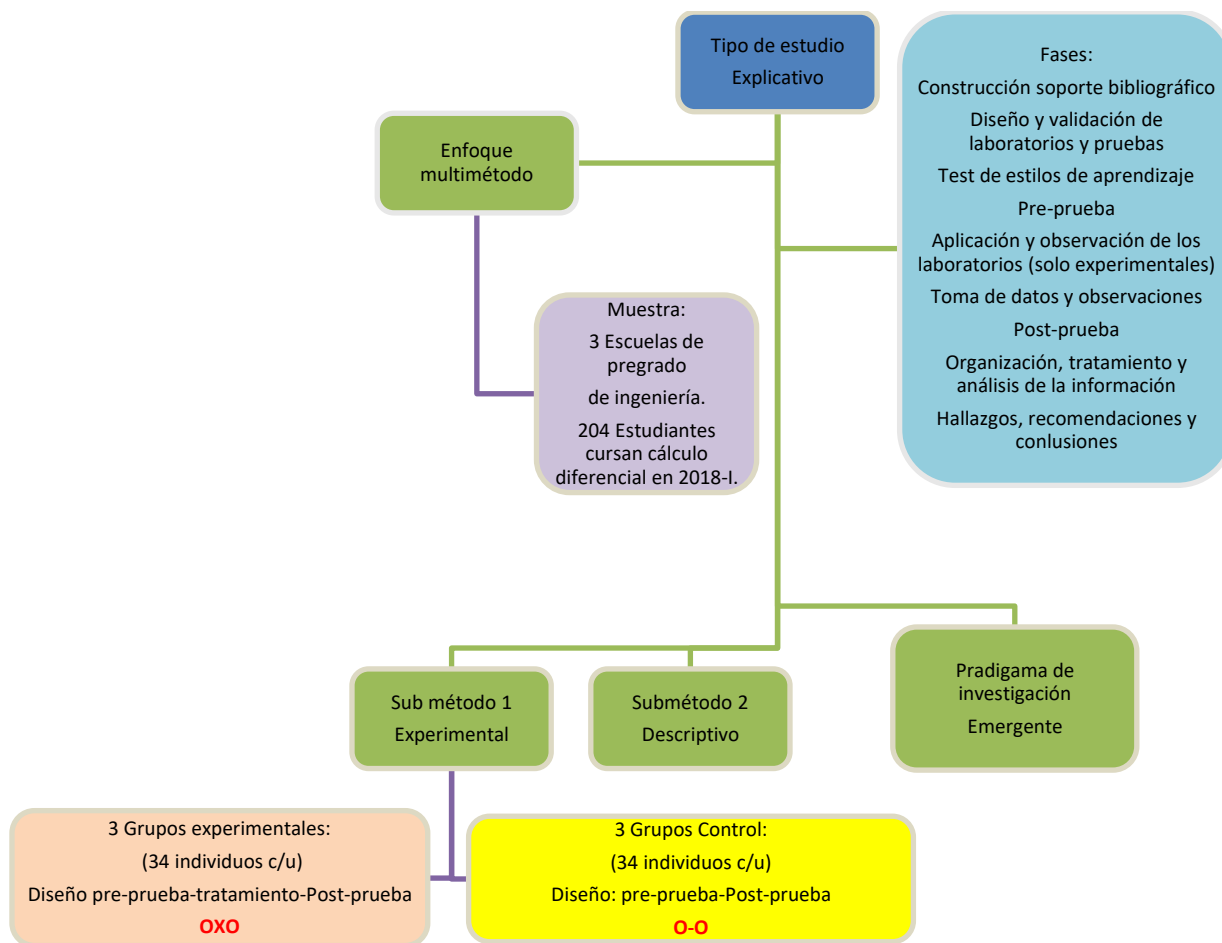


Ilustración 11. Sistematización del diseño metodológico. Fuente: Elaboración propia.

3.1 Tipo de estudio

La presente propuesta de investigación se enmarca dentro de los estudios de tipo explicativo ya que estos tienen como propósito encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos y en qué condiciones suceden éstos. Para el caso actual tiene que ver con establecer la incidencia en el rendimiento y desempeño académico de los estudiantes de ingeniería de tres universidades de Bogotá, al aplicar la realidad aumentada como estrategia de

mediación pedagógica para la enseñanza-aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas en programas de ingeniería (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.2 Método

De acuerdo con las características de este estudio el método adecuado para el desarrollo de la propuesta es el multimétodo (Tashakkori & Teddlie, 2003), una estrategia de investigación en las que se emplean dos o más métodos para la indagación sobre un mismo fenómeno u objeto de estudio. Para el caso de la presente investigación se emplearán el diseño experimental como estrategia de comparación de los tratamientos y el diseño descriptivo como estrategia para describir una realidad en todos sus componentes principales (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), para el caso, caracterizar cómo se da el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas en escuelas de ingeniería.

La fase de cuasi-experimentación permite asignar aleatoriamente los sujetos al grupo experimental o al de control, se realizará la prueba previa de la variable dependiente con cada grupo, se enfocará el tratamiento al grupo experimental (mediación pedagógica - realidad aumentada), el grupo control no recibirá el tratamiento y se realizará la prueba posterior de la variable dependiente tanto con el grupo experimental como con el control (Salkind, 1998). La fase descriptiva detalla el comportamiento de los estudiantes al desarrollar los laboratorios basados en realidad aumentada como mediación pedagógica para el aprendizaje de las matemáticas y en los escritos que aportan al final de cada guía de laboratorio.

3.3 Paradigma de investigación

El paradigma¹⁴ que rige esta investigación es el emergente (naturalista/interpretativo), el cual se basa en que la realidad social es compleja, dinámica y singular, y es determinada histórica y socioculturalmente, por lo que debe ser estudiada desde una mirada holística y sistémica. Se asume la producción del conocimiento a partir del mundo interior de los actores sociales, donde el sujeto y el objeto no son separables pues hacen parte del fenómeno estudiado en busca de dos pretensiones, por un lado, realizar una manipulación de la variable independiente en diversos niveles de la prueba a fin de realizar la verificación de la hipótesis de trabajo con el uso de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales como lo son “las medidas de tendencia central, la dispersión, la comparación de grupos mediante “T de Student”, ANOVA, y las

¹⁴ “El paradigma relaciona un sistema de creencias sobre la realidad, la visión del mundo, el lugar que el individuo ocupa en él y las diversas relaciones que esa postura permitiría en relación con lo que se considera existente” (Flores, 2004, como se citó en Ramos, 2015, p. 10).

correlaciones” (Field, 2009, como se citó en Ramos, 2015, p. 11) , entre otros, y por el otro lado, comprender e interpretar una realidad educativa a través de la observación.

En cuanto tiene que ver con las variables cuantitativas del estudio, se plantearon las propuestas en la tabla 6.

Tabla 6

Definición de variables

Variable	Tipo	Clase
Explicativa - Uso de la RA como mediación	Dependiente	Cualitativa
Respuesta - Desempeño académico	Independiente	Cuantitativa

Fuente: Elaboración propia.

Estas variables permiten establecer el planteamiento de la primera hipótesis de trabajo denominada **Hi**, la cual propone que al emplear la realidad aumentada como mediación pedagógica se logra la construcción de un aprendizaje transdisciplinar que incide en el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería en programas de pregrado.

Para este estudio el desempeño académico como variable cuantitativa se medirá en una escala de calificación (nota) que va de cero (0,0) a cinco (5,0), considerando como aprobatorios los valores mayores o iguales a tres (3,0). También se tendrán en cuenta aspectos cualitativos del desempeño académico que se mencionarán para dar soporte a los hallazgos cuantitativos y que provendrán de los registros en los instrumentos realizados por los participantes.

3.4 Contexto de la investigación

3.4.1 Muestra. La investigación se aplicó en tres instituciones de educación superior de Bogotá, tomando en cada una de ellas un grupo experimental y uno control. Los criterios de selección y las características de la muestra objeto de análisis son las siguientes:

Instituciones: Se eligieron tres instituciones de educación superior, una de carácter mixto (pública-privada), una de carácter privado confesional y una de carácter privado general, las cuales fueron seleccionadas por tener Facultades (Escuelas) de ingeniería, que cuentan dentro de sus programas de formación con el espacio académico de cálculo diferencial como núcleo común (área transversal) en el primer semestre de los programas de ingeniería, en el primer periodo académico de 2018. La tabla 7 describe cada institución y los programas que hacen parte de la facultad de ingeniería.

Tabla 7

Programas que componen la Facultad de Ingeniería en cada institución objeto de estudio

Institución 1	Institución 2	Institución 3
Ingeniería de telecomunicaciones	Ingeniería ambiental	Ingeniería biomédica
Ingeniería ambiental	Ingeniería de mecánica	Ingeniería electrónica
Ingeniería civil	Ingeniería industrial	Ingeniería industrial
Ingeniería industrial	Ingeniería civil	Ingeniería de software
Ingeniería macarrónica	Ingeniería electrónica	
Ingeniería multimedia	Ingeniería de telecomunicaciones	Ingeniería ambiental

Fuente: Elaboración propia.

Comité de ética: Aun cuando los diseños cuasi-experimentales en los cuales se aplican didácticas en el aula no requieren de consentimiento informado (Campbell & Stanley, 2015), el objetivo de la presente investigación y los planes de ejecución fueron presentados ante el comité de ética de las instituciones seleccionadas a fin de recibir aprobación y autorización para realizar las actividades tendientes a la validación de instrumentos y la caracterización de sujetos. Como medida para proteger la identidad de las instituciones y de los participantes, éstos se nombrarán a lo largo del análisis y descripción de datos con nombres genéricos, como por ejemplo: Institución I, grupo experimental II, etc.

Espacio académico: El diseño cuasi-experimental se llevó a cabo en el curso de cálculo diferencial (núcleo común, área transversal), que se desarrolló en 16 semanas académicas y para el cual se establecieron como criterios de evaluación tres (3) cortes, distribuidos cada uno en 5 semanas académicas. Al final de cada corte se aplicó el instrumento de evaluación diseñado para este estudio. Los contenidos generales del curso se observan en la tabla 8.

Tabla 8

Contenido del curso de cálculo diferencial donde se aplicará el estudio

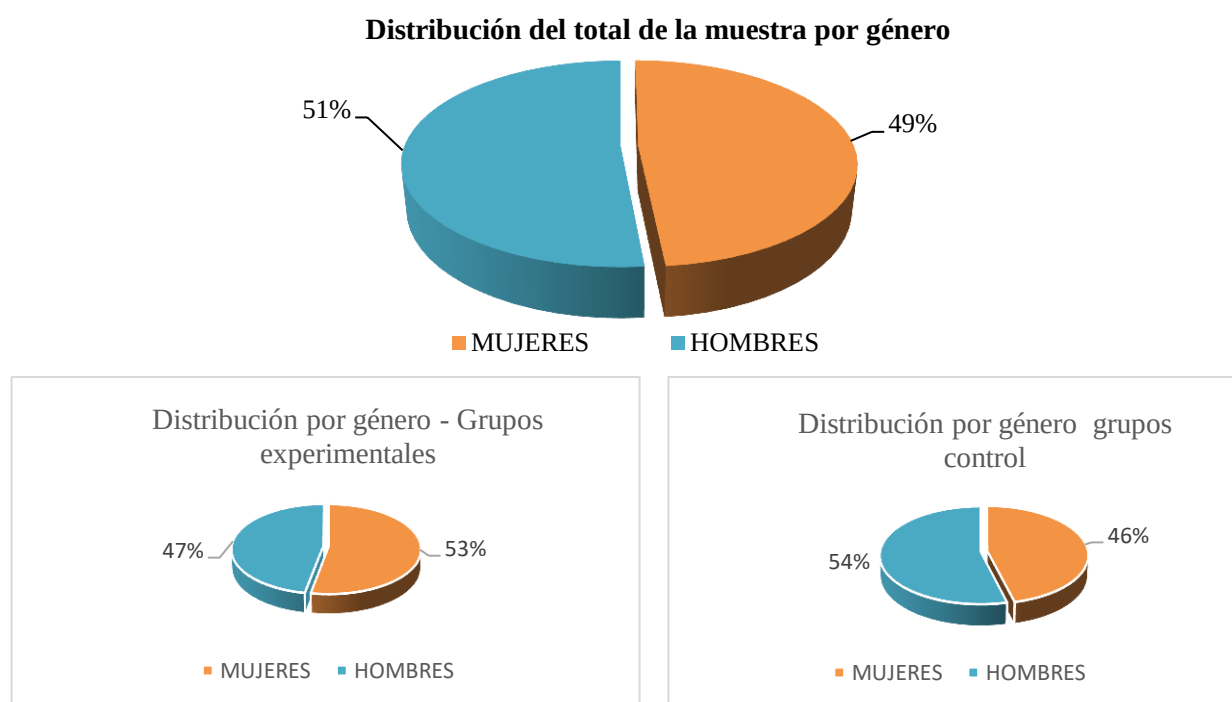
Repaso de números reales	Límites de funciones
Relaciones matemáticas	Derivadas de funciones
Secciones cónicas	Aplicaciones de la derivada
Funciones	

Fuente: Elaboración propia.

Estudiantes: De acuerdo con las características del diseño cuasi-experimental se seleccionó un total de 204 estudiantes, (99 mujeres y 105 hombres) distribuidos en seis grupos

(dos por cada institución educativa, un grupo experimental y uno control), cada uno compuesto por 34 individuos. En los grupos experimentales se contó con la participación de 54 mujeres y 48 hombres, para los grupos control se contó con la colaboración de 47 mujeres y 55 hombres como se aprecia en la gráfica 1.

Es importante aclarar que la conformación de la muestra se dio al azar de acuerdo con la matrícula académica y los horarios que cada uno organizó según su disponibilidad de tiempo, evitando así cualquier sesgo de selección.



Gráfica 1. Distribución de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Grupos experimentales y control: Luego de conformados el total de los grupos de cálculo diferencial de cada institución, se seleccionaron aquellos que no tenían estudiantes repitentes o con formación superior previa (aquellos que habían cursado semestres de otras carreras o que tenían algún tipo de formación académica superior antecedente, técnica o tecnológica).

Para los grupos control las clases se llevaron a cabo empleando recurso y estrategias como: explicación magistral, talleres, quices, aula virtual, textos, tablero, software especializado, entre otros. El tratamiento de los grupos experimentales consistió en aplicar laboratorios basados en realidad aumentada, sin descartar el uso de los recursos convencionales.

El total de participantes se distribuyó por programa y por institución como se muestra en las tablas 9,10 y 11, con lo cual se puede establecer que las universidades objeto de estudio incluyen diferentes programas y que el curso de cálculo diferencial se imparte en estos grupos como área transversal.

Tabla 9

Distribución de participantes por programa. Institución I

Programa	Nº de estudiantes	
	Grupo Experimental	Grupo Control
Ingeniería de telecomunicaciones	9	7
Ingeniería ambiental	4	5
Ingeniería civil	9	6
Ingeniería industrial	7	9
Ingeniería mecatrónica	5	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Distribución de participantes por programa. Institución II

Programa	Nº de estudiantes	
	Grupo Experimental	Grupo Control
Ingeniería ambiental	6	12
Ingeniería de mecánica	5	5
Ingeniería industrial	4	6
Ingeniería civil	9	8
Ingeniería electrónica	10	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Distribución de participantes por programa institución III

Programa	Nº de estudiantes	
	Grupo Experimental	Grupo Control
Ingeniería biomédica	10	10
Ingeniería electrónica	4	4
Ingeniería industrial	7	7
Ingeniería de software	4	4
Ingeniería ambiental	9	9

Fuente: Elaboración propia.

Profesores: Para el desarrollo de este trabajo se contó con la participación de 6 docentes de cálculo diferencial los cuales, tanto para los grupos experimental como para los grupos control, fueron asignados al azar. El profesor del grupo experimental I es el autor de la investigación, los profesores de los grupos experimentales II y III fueron capacitados con el uso de los instrumentos basados en realidad aumentada, para lo cual se realizaron pruebas piloto sobre el uso de esta tecnología en los intersemestrales de cálculo diferencial del periodo 2017-II en cada una de las instituciones, empleando software especializado. Posteriormente las capacitaciones se centraron en el desarrollo de los laboratorios diseñados y aprobados por el comité de expertos para la presente investigación, los cuales se describirán posteriormente.

3.4.2 Instrumentos. Para llevar a cabo la investigación se diseñaron 4 instrumentos de evaluación aplicados tanto a los grupos experimentales como control, los cuales se describen a continuación.

3.4.2.1 Instrumento I (preprueba). El diseño del cuestionario de la preprueba, que posteriormente fue aplicado tanto a grupos experimentales como controles con el fin de obtener las caracterizaciones de los grupos al inicio del experimento, se basó en los contenidos que establece el Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación (ICFES, 2017b) para realizar las pruebas de Estado, mencionados en el capítulo III de este documento. La prueba de matemáticas se diseñó para evaluar las competencias que poseen los estudiantes para enfrentar situaciones que puedan resolverse con el uso de algunas herramientas matemáticas, tanto las competencias definidas de la prueba como los conocimientos matemáticos que el estudiante requiere para resolver las situaciones planteadas, en concordancia con las definiciones de los estándares básicos de competencias en matemáticas del MEN (2006), como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Estructura del contenido de la preprueba

Macro contenidos utilizados para la prueba	No. Preguntas asociadas	Situaciones o contextos de la prueba
Geometría	4	Familiares o personales
Álgebra y cálculo	7	Laborales u ocupacionales
Estadística	4	Comunitarios o sociales
		Matemáticos y científicos

Fuente: Elaboración propia.

(La estructura completa del instrumento preprueba se puede observar en el Anexo 1).

Posteriormente se procedió a realizar la Validación de contenido por parte de jueces expertos. Este tipo de validación se refiere al análisis comprensivo y objetivo que un grupo de expertos en el área de interés hace de cada uno de los ítems o premisas que componen el instrumento, de igual forma cumple otras funciones, dentro de ellas se pueden mencionar que determina si las premisas son representativas de las características que se desea medir y evalúa la claridad, precisión, relación y pertinencia de cada ítem o premisa. La validez se puede clasificar como aparente, cuando los expertos establecen que la estructura y contenido instrumento aparenta medir los conceptos o constructos bajo estudio o lógica, cuando los expertos establecen que el “contenido” de las premisas o ítems abarcan todas las áreas conceptuales y teóricas (Escobar & Cuervo, 2008).

De este modo y de acuerdo con las condiciones mencionadas previamente se procedió a efectuar la validación de contenido de la misma por expertos en educación, con experiencia en investigación educativa. En la tabla 13 se presentan los perfiles de los expertos que colaboraron en la evaluación preprueba.

Tabla 13

Características de los expertos que evaluaron la preprueba

Perfil del experto		Perfil de desempeño
Institución I	Experto 1. Licenciado en matemáticas-Magister en didáctica de las matemáticas	Docente pregrado y media
	Experto 2. Matemático-Magister en matemática aplicada	Docente pregrado
Institución II	Experto 1. Licenciado en matemáticas-Magister en didáctica de las ciencias naturales y exactas	Docente pregrado y media
	Experto 2. Matemático-Especialista en didáctica	Docente pregrado, postgrado y media
Institución III	Experto 1. Licenciado en matemáticas-Magister en matemáticas	Docente pregrado y primaria
	Experto 2. Matemático-Magister en educación	Docente pregrado

Fuente: Elaboración propia.

El índice de acuerdo entre los jueces, denominado CVR¹⁵, se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$CVR = \frac{ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

Dónde: n_e = representa el número de expertos que indican “esencial” y N = el número total de expertos.

Para el cálculo de la razón de validez de contenido para cada ítem se utilizó la Ecuación:

$$CVR' = \frac{CVR+1}{2} \quad (2)$$

Dónde: **CVR** es la razón de validez de contenido para cada ítem y N es el número total de expertos.

Los valores de la razón de validez de contenido (CVR) de cada uno de los ítems se muestran en la tabla 14. Los resultados demuestran, de acuerdo con los criterios de Escobar & Cuervo (2008), que todos los ítems se consideran aceptables dado que los valores superan el punto de corte mínimo de 0.58. Se puede apreciar que el índice de validez global es de 0.92 o 92%, mientras que el índice de validez de los ítems considerados como aceptables es de 0.89 o 89%, con lo cual es posible afirmar que son aceptables.

Tabla 14

Resultados evaluación de contenido por expertos, preprueba

Pregunta	CVR	CVR'
Pregunta No. 1	1	0,86
Pregunta No. 2	0,77	0,78
Pregunta No. 3	0,95	0,95
Pregunta No. 4	0,91	0,91
Pregunta No. 5	1	0,75
Pregunta No. 6	0,88	1
Pregunta No. 7	0,97	0,97
Pregunta No. 8	0,8	0,89
Pregunta No. 9	0,92	0,92

¹⁵ La Razón de Validez de Contenido (en inglés Content Validity Ratio, CVR).

Pregunta	CVR	CVR'
Pregunta No. 10	0,77	0,8
Pregunta No. 11	1	0,87
Pregunta No. 12	1	0,99
Pregunta No. 13	0,97	0,85
Pregunta No. 14	1	0,91
Pregunta No. 15	0,9	0,87
Totales	0,92	0,89

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.2 Instrumentos II, III y IV (Posprueba 1,2 y 3). Mediante estos instrumentos se evaluaron las relaciones, las funciones, los límites, la continuidad y las derivadas, teniendo en cuenta tanto el desarrollo de los tipos de pensamiento (a. matemático y sistemas numéricos, b. espacial y sistemas geométricos, c. métrico y sistemas de medida, d. aleatorio y sistemas de datos, e. variaciones y sistemas de datos algebraicos y analíticos) como los procesos generales de las actividades en matemáticas (formulación, tratamiento y resolución de problemas, modelación, comunicación, razonamiento y la formulación, comparación y ejecución de procesos). Dicha preprueba se sometió a validación por jueces contando con la participación de dos expertos que representaban cada institución, los cuales revisaron las pruebas e hicieron sugerencias a las mismas sobre los mismos formatos físicos. Finalmente se realizó la validación del mismo por pares expertos.

3.4.3 Tratamiento. Para los grupos experimentales se aplicaron los tratamientos acordes con los contenidos de cálculo diferencial. El uso de la realidad aumentada como mediación pedagógica para la presente investigación, se dio haciendo uso de esta tecnología en sus diferentes niveles, mediante el uso de los códigos QR, aplicaciones de realidad aumentada (de geolocalización y de entornos aumentados) y softwares especializados para diseño basados en RA.

3.4.3.1 Laboratorio I. Con este ejercicio se enfatizaron los conceptos de relación y la noción de función. El estudiante se enfrentó a dos actividades cotidianas, la primera ir al supermercado y seleccionar 10 artículos de uso común, luego apoyados en el lector de códigos QR (del supermercado o con la aplicación del celular) se identificaron sus atributos.

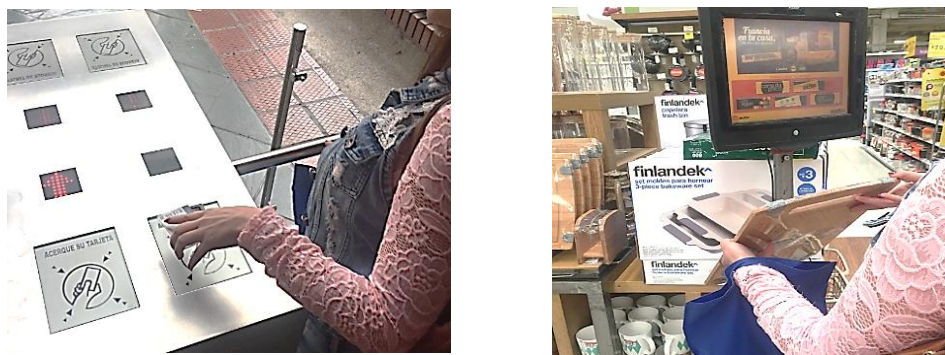
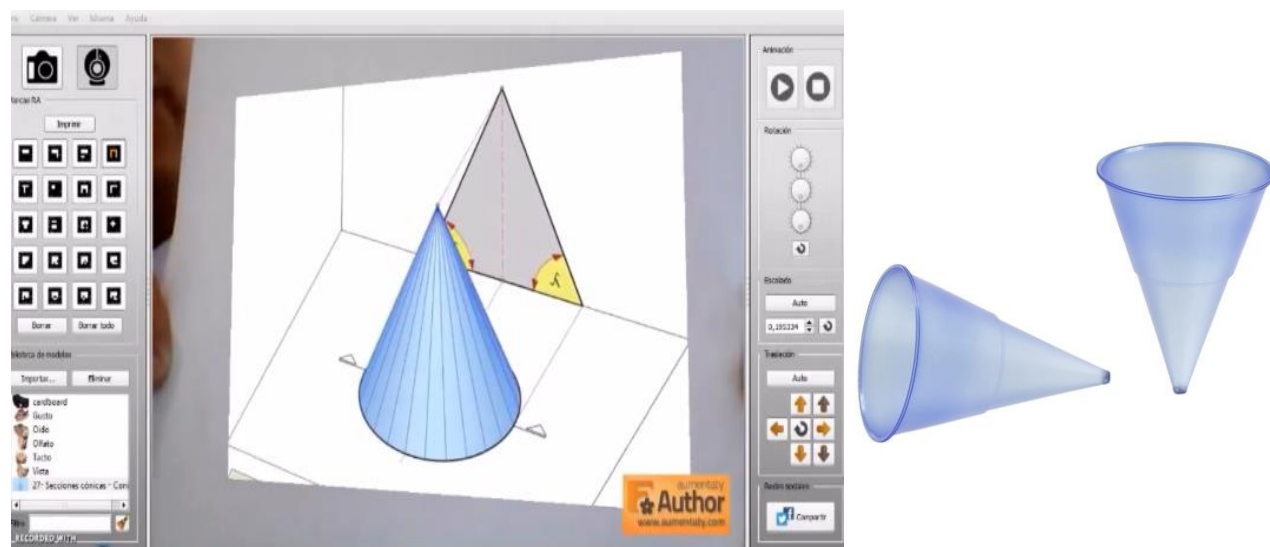


Foto 1. Uso de lectores QR para la identificación de atributos. Fuente: La autora¹⁶.

Con esta información los estudiantes debieron clasificar los artículos e identificar cuáles de ellos poseían igual valor comercial (precio), de esta forma explicaba los conceptos de los tipos de funciones (inyectivas y sobreyectivas), el otro contexto se refirió al ingreso a la universidad haciendo uso del lector de carné, donde el estudiante definió relaciones inyectivas.

3.4.3.2 Laboratorio II. Con esta práctica se trabajaron los conceptos de secciones cónicas (circunferencia, parábola, elipse, hipérbola) haciendo uso del software de realidad aumentada “Aumentaty Author”. El estudiante a partir del uso de una serie de instrucciones realizaba la identificación de la forma y las propiedades de las secciones cónica, posteriormente diseñaba las secciones según datos específicos y finalmente buscaba las aplicaciones en la vida real.



¹⁶ Fotos tomadas de los informes de laboratorio de los estudiantes grupo experimental Institución I.

Ilustración 12. Uso del software Aumentaty Author para el diseño de secciones cónicas. Fuente: Aumentaty Author Disponible en <http://author.aumentaty.com/>

3.4.3.3 Laboratorio III. Con este laboratorio se evaluaron los conceptos de relaciones, funciones, propiedades de las funciones, y operaciones con funciones. Con el uso de herramientas de geolocalización (Waze, Google maps, entre otras), los estudiantes debían elegir una ruta cotidiana (casa-universidad) y un medio de transporte para llevarla a cabo (carro, bus, taxi), previo a la iniciación del recorrido debían programar la aplicación, iniciar el recorrido y comparar los datos reales con los obtenidos en la aplicación, posteriormente se tabulaban los datos, se calculaban los márgenes de error, se diseñaba un polinomio característico que representara la función de recorrido, se derivaba una vez para encontrar la velocidad promedio en determinados tiempos, y se derivaba una segunda vez para encontrar la velocidad, explicando el paso a paso a partir de la teoría.

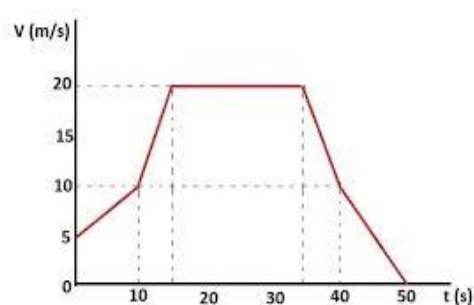


Ilustración 13. Uso de herramientas de geolocalización para modelado de la función del recorrido en auto y la construcción del concepto de razón de cambio. Fuente: La autora¹⁷.

La validación de estos elementos se realizó a partir de la revisión y ajustes por parte de expertos en los comités de programa con respecto a i) Redacción, ii) Pertinencia, iii) Estructura, iv) Lenguaje y v) Finalidad. También fueron objeto de la revisión por parte del director del presente trabajo doctoral.

3.4.4 Fases de ejecución. Para implementar el estudio, luego de definir los grupos experimental y control, se procedió de la siguiente manera:

1. Conformación de los grupos uno experimental y uno control por institución.
2. Caracterización de estilos de aprendizaje, para ello se llevó a cada grupo de estudiantes a la sala de sistemas de cada institución y se les solicitó que ingresaran a internet a la

¹⁷ Foto tomada de los informes de laboratorio de los estudiantes grupo experimental Institución II.

dirección electrónica <http://www.estilosdeaprendizaje.es/chaea/chaea.htm>, donde diligenciaron el TEST CHAEA, cuyos resultados recibían inmediatamente, éstos debían reenviarlos al correo electrónico del profesor titular.

3. Aplicación de la preprueba. Análisis de resultados.
4. Aplicación del tratamiento.
5. Construcción de la base de datos con los elementos: Institución, docente, estudiantes del grupo (experimental o control), programa, estilo de aprendizaje predominante, resultado de la preprueba, resultados de las pruebas dos, tres y cuatro y la calificación final del curso.
6. Aplicación del tratamiento en los grupos experimentales a través de los laboratorios 1, 2 y 3. Alternativamente aplicación de la postprueba uno, dos y tres tanto en grupo experimental y control.
7. Alimentación de la base de datos y análisis de resultados.

Capítulo Cuatro. Resultados

Solo en las ciencias matemáticas existe la identidad entre las cosas que nosotros conocemos y las cosas que se conocen en modo absoluto
Umberto Eco. Semiólogo – Filósofo italiano.

4.1 Presentación de los resultados

Este capítulo de la investigación hace referencia a los resultados que obtiene de la indagación y la cuasi-experimentación. Para una mejor comprensión del mismo se ha desglosado en dos secciones, la primera es producto de la reflexión teórica que permitió proponer los elementos que caracterizan el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas desde el paradigma de la complejidad y que fueron los referentes para la elaboración de los laboratorios que cumplieron dos finalidades en la investigación (intervención – elementos de evaluación de la didáctica aplicada); la segunda muestra los resultados de la cuasi-experimentación (comparaciones entre grupos experimentales vs grupos control) en la que se establecen las relaciones entre la aplicación de la mediación basada en realidad aumentada como estrategia para lograr el aprendizaje transdisciplinar de las matemáticas y su incidencia en el desempeño académico de los estudiantes de los programas de pregrado de ingeniería objeto de estudio.

4.2 Hallazgos relacionados con la fundamentación de la didáctica

Dado que la concepción del aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas es un discurso en construcción, se hizo necesaria la comprensión categorial que sustenta la fundamentación del término y que a su vez sirvió de soporte teórico para la construcción de las rutas didácticas implementadas en los contenidos de los laboratorios diseñados como intervención.

4.2.1 Aprendizaje transdisciplinar. Como primera medida se presentan los conceptos que permiten asumir el aprendizaje como propuesta para la integración en el aula:

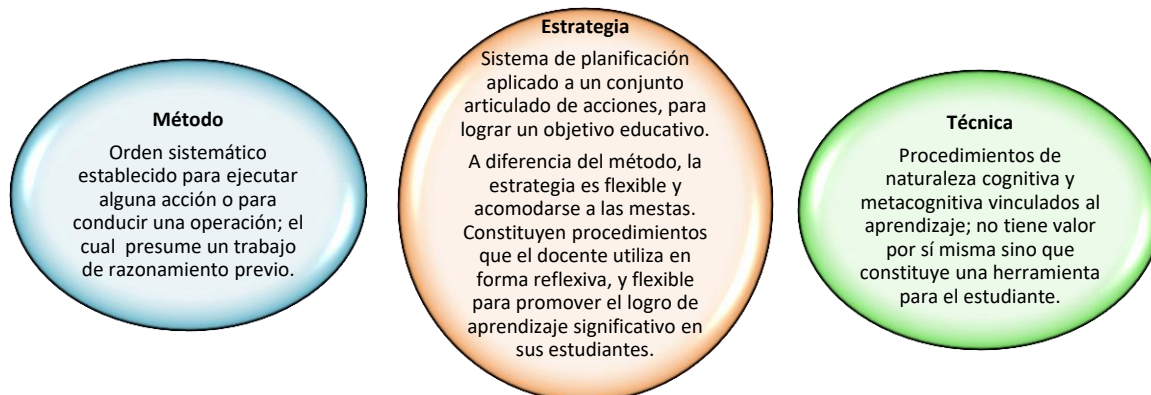


Ilustración 14. Diferenciación de elementos de integración en el aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procede a establecer las características de la transdisciplinariedad desde la teoría de la complejidad en el campo pedagógico.

Tabla 15

Características de la transdisciplinariedad

Característica	Descripción
Tiene una expresión categórica	Transgresión de las fronteras metodológicas entre disciplinas. Transformación al sujeto en objeto (Nicolescu, 1996).
Es una propuesta metodológica	Dio origen a la ciencia moderna como ruptura brutal entre el sujeto que conoce y la realidad, como supuesta independiente del sujeto que lo observa y la somete.
Surge como resultado	De los desafíos actuales de la ciencia y la tecnología en la que los problemas vuelven la mirada al sujeto con relación consigo mismo, con el otro y con el entorno, ya que el saber acumulado no pudo ser integrado en el ser interior de quienes componen la civilización.
Es objeto de transformación	De paradigmas de los procesos de pensamiento y de formación en el acompañamiento de los procesos de auto-co-eco-formación en los cinco deferentes niveles de realidad.
Tiene un carácter	Subjetivo y comunitario del conocimiento, en el que el sujeto no es un ser vacío ante el objeto por conocer, se relaciona con él desde una perspectiva o modo de verlo, y desde el cual se configura y desconfigura, tomando su comprensión desde varios sentidos según los contextos particulares.
Permite concebir el conocimiento	Por niveles de realidad. Se interesa por la dinámica generada por la acción multidimensional de la realidad estructurada en varios niveles (Nicolescu, 1996). El conocimiento es tanto interior como exterior.

Fuente: Elaboración propia.

Seguido de ello, se establecieron los niveles de realidad en la experiencia vivida, dada su importancia en la formación:

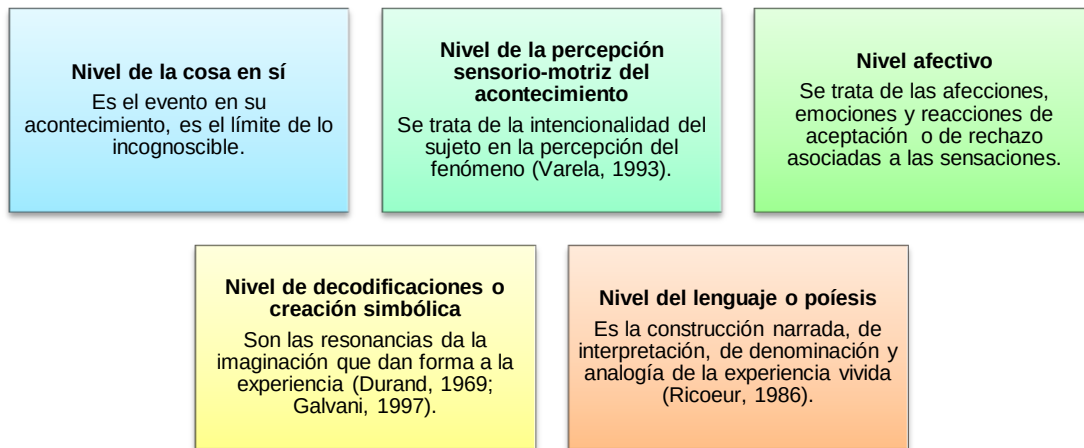


Ilustración 15. Niveles de realidad en la experiencia. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se identificaron las particularidades del aprendizaje basado en la transdisciplinariedad, que constituyeron el fundamento para potenciar el aprendizaje en el diseño de currículos desde lo transdisciplinar complejo a fin de gestar espacios de reflexión y diálogo.

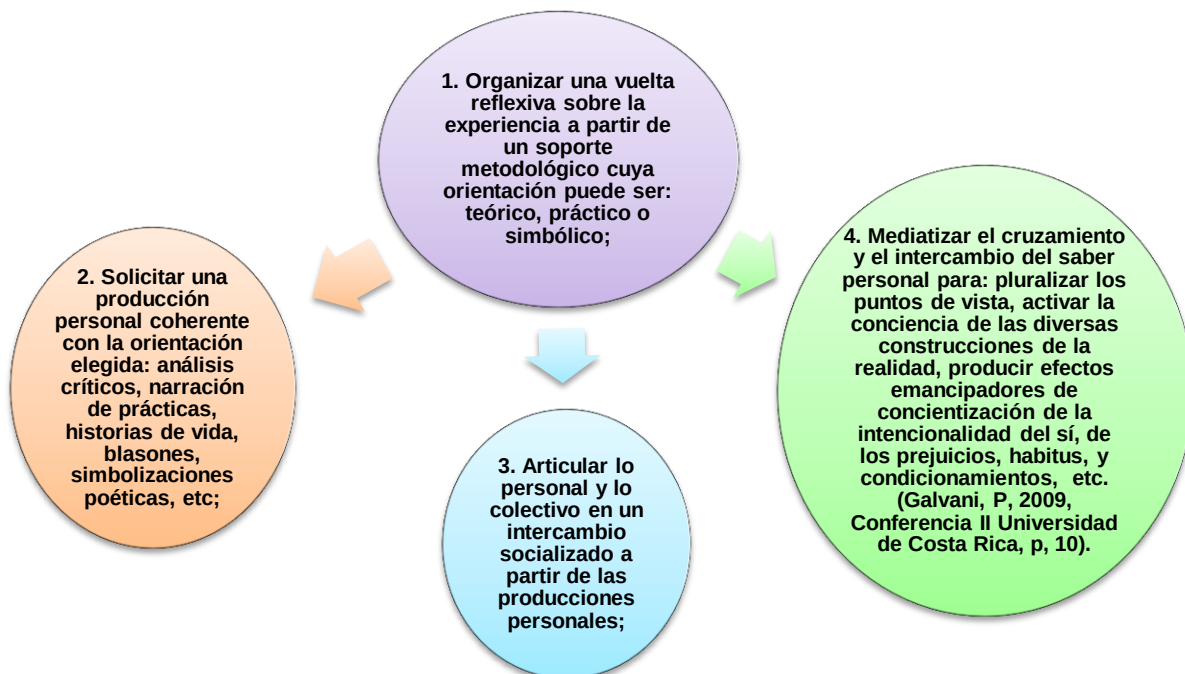


Ilustración 16. Fundamentos para potenciar el aprendizaje basado en la transdisciplinariedad. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se caracterizó la transdisciplinariedad en ciencias matemáticas desde el concepto, el enfoque, el pensamiento, la función y la integralidad.

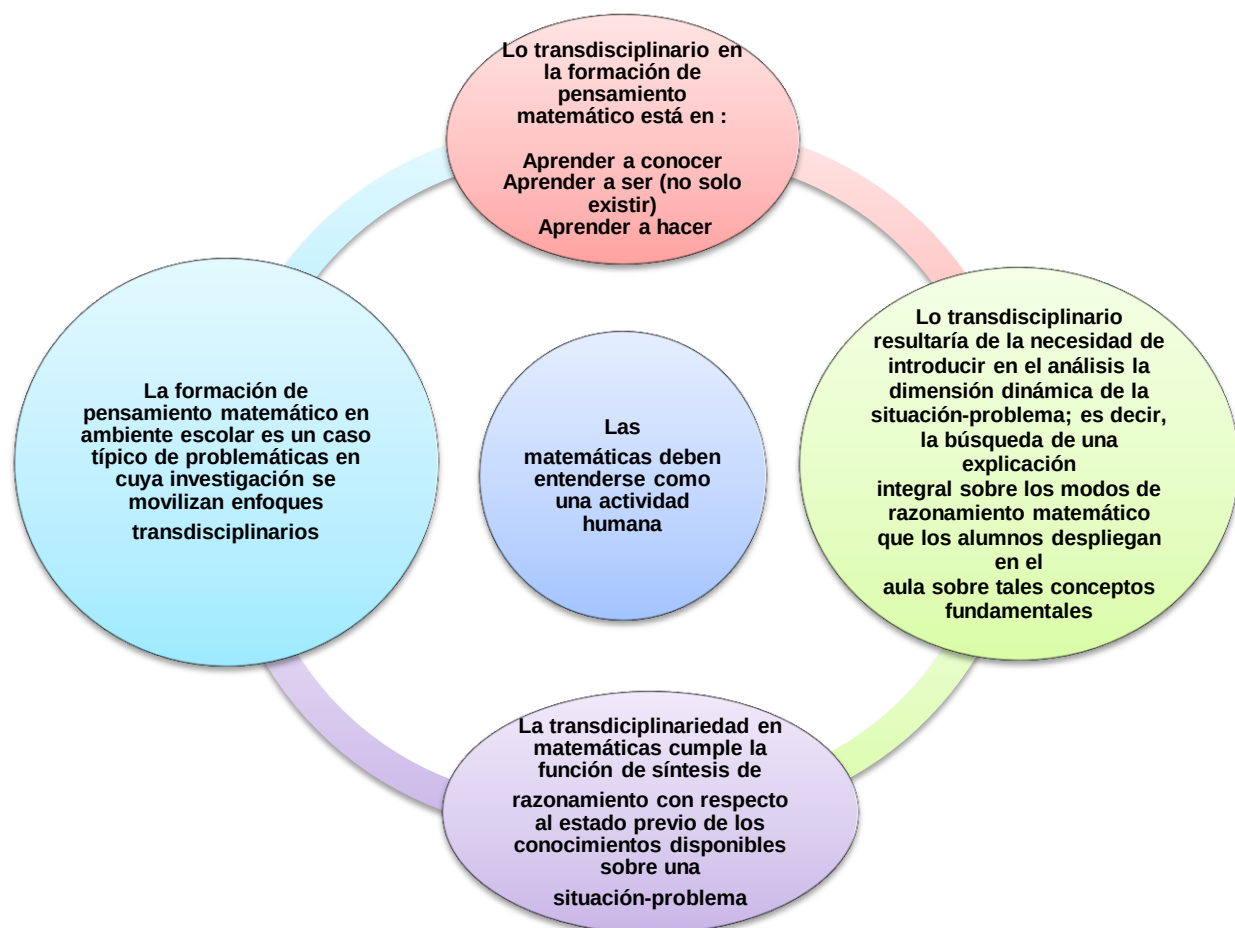


Ilustración 17. Transdisciplinariedad en ciencias matemáticas. Fuente: Elaboración propia.

Dado que el proceso de aprender requiere de una mediación que haga posible el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas por parte del estudiante, a continuación se establecen las características de la misma y los aportes que hicieron los estudiantes y los docentes sobre ese escenario creado.

Para el presente estudio se entendió el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas como un principio epistemológico constitutivo de los procesos de construcción autónoma del conocimiento de las matemáticas, que contribuye a superar los límites que separan ésta ciencia de otras disciplinas, a través de métodos, estrategias y técnicas que posibilitan en la experiencia vivida la interacción interior del sujeto (estudiante) que a su vez se interrelaciona con

el otro (profesor-compañero-familia) y con su entorno (universidad-escuela-trabajo), con base en un paradigma que toma en cuenta la complejidad de la realidad (niveles de realidad) y la implicación del sujeto en la construcción cognoscitiva (conocer) de sí mismo, la unidad del conocimiento y el arte de vivir en la sociedad.

4.3 Mediación pedagógica: Didáctica de las matemáticas

Con la aplicación de los laboratorios se creó un ambiente de aprendizaje enriquecido en el cual se propiciaron diversos espacios de aprendizaje, interacción y producción del conocimiento, facilitando contribuciones al presente estudio tales como:

- **Aporte de la didáctica aplicada en la construcción de aprendizaje transdisciplinar en los grupos experimentales.**

A continuación se describen los hallazgos que se derivan de la aplicación de las didácticas mediadas por realidad aumentada en los grupos experimentales, en los cuales se evidencia la ruta que permitió generar un aprendizaje transdisciplinar de las matemáticas en el curso de cálculo diferencial.

Tabla 16

Laboratorio de relaciones y elementos de función

Actividad: Mediación basada en Realidad aumentada: Lector de códigos QR en el supermercado. Nivel 0.

Proyecto desarrollado en campo. Duración: una sesión..

Socialización de resultados. Trabajo independiente.

Actividad	Tipo de proceso	Tipo de pensamiento	Aprendizaje transdisciplinar
Uso de la RA en el reconocimiento de atributos de artículos de consumo masivo o primario (precio-tipo) Uso de la RA aumentada en el reconocimiento biométrico o identificación de carné estudiantil • Selección • Clasificación • Construcción de conceptos	• Comunicación • Razonamiento • Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos	• Numéricos y sistemas numéricos • Métrico y sistemas de medida • Aleatorio y sistemas de datos • Espacial y sistemas geométricos	Los estudiantes identifican los elementos de una relación en una actividad frecuente, estableciendo diferencias entre relaciones inyectivas y sobreyectivas. Dan una idea intuitiva de relación que contrastan con la teoría. Relaciona la inyectividad con el proceso de reconocimiento único (nombre estudiante-código o huella que lo identifica).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Laboratorio de secciones cónicas

Mediación basada en Realidad aumentada: Lector de códigos QR en el supermercado. Nivel 1

Entrenamiento con el software. Duración: una sesión.

Proyecto desarrollado en clase con uso de celular. Duración una sesión.

Diseño de aplicación realizado fuera del aula. Trabajo independiente.

Actividad	Tipo de proceso	Tipo de pensamiento	Aprendizaje transdisciplinar
Uso de la RA para identificar la forma de la sección cónica, posteriormente dibujar la sección cónica, posteriormente para identificar la ecuación correspondiente a gráfico, consulta y construcción de aplicaciones reales de las secciones cónicas.	• Comunicación. • Razonamiento. • Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos. • Formular y resolver problemas. • Modelar procesos y fenómenos de la realidad.	• Métrico y sistemas de medida. • Aleatorio y sistemas de datos. • Variacional y sistemas algebraicos y aritméticos. • Espacial y sistemas geométricos. • Numéricos y sistemas numéricos.	Los estudiantes diseñaron diferentes elementos de la vida cotidiana con la forma de las secciones cónicas, aplicando las ecuaciones vistas. Los estudiantes encontraron aplicaciones de las secciones cónicas en telecomunicaciones, medicina, arquitectura, elementos industriales, plataformas espaciales, satélites, silos de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Laboratorio de funciones (proyecto de aula)

Mediación basada en Realidad aumentada: uso de herramientas de geolocalización. Nivel 1

Proyecto desarrollado en campo toma de datos. Trabajo independiente.

Proyecto desarrollado en clase con uso de celular. Duración: tres sesiones.

Presentación de resultados: Duración: una sesión.

Actividad	Tipo de proceso	Tipo de pensamiento	Aprendizaje transdisciplinar
Uso de la RA para identificar una ruta común versus un desplazamiento real en un medio de transporte cotidiano. Toma de datos reales del recorrido, comparación con los datos arrojados por la aplicación, tabulación, construcción de polinomio característico, derivación, revisión de conceptos de velocidad y aceleración, construcción del concepto de razón de cambio.	• Comunicación • Razonamiento • Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos • Formular y resolver problemas • Modelar procesos y fenómenos de la realidad	• Métrico y sistemas de medida • Aleatorio y sistemas de datos • Variacional y sistemas algebraicos y aritméticos • Espacial y sistemas geométricos • Numéricos y sistemas numéricos	Los estudiantes identificaron coordenadas cartesianas en la estructura topográfica de la ciudad a través de la aplicación. Los estudiantes anclaron conceptos de la física como velocidad y aceleración e hicieron representaciones bidimensionales y tridimensionales de la situación observada. Los estudiantes propusieron soluciones para los problemas de movilidad de la ciudad y reconocieron el uso de las herramientas de geolocalización como elementos de ubicación temporo-espacial.

Fuente: Elaboración propia.

- **Evaluación y aportes de la aplicación de la didáctica por parte de los docentes participantes.**

Luego de culminada la aplicación de cada laboratorio se realizó una reunión con los profesores que lideraban los procesos en cada grupo experimental, se elaboraron actas en las cuales se exaltaron los aspectos positivos, negativos y los aportes de mejora a la guía. Finalmente se preparó un acta plasmando las conclusiones de la aplicación, cuyos puntos más relevantes se transcriben a continuación.

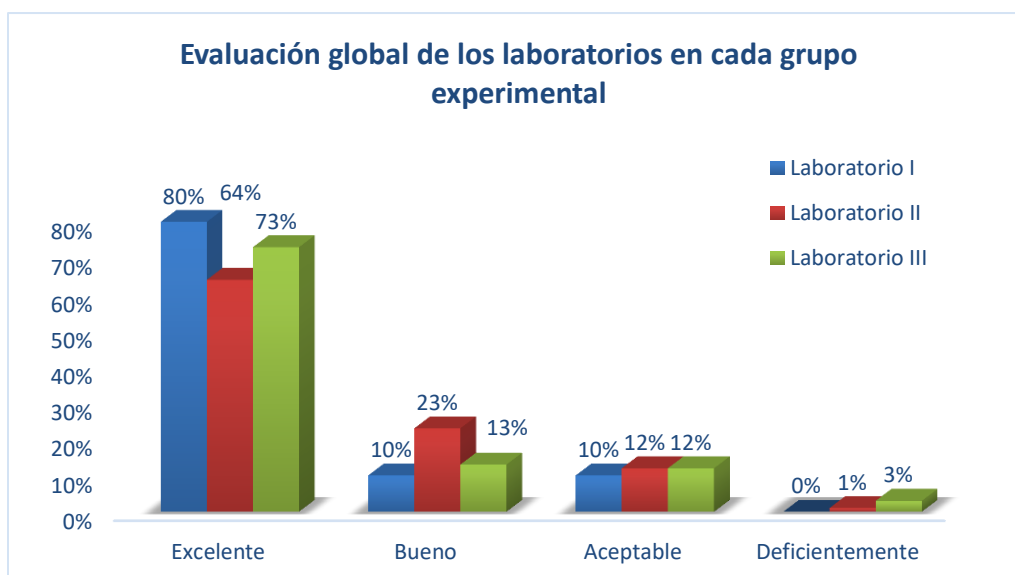
- Con la ejecución de los laboratorios se puede evidenciar las dificultades en el manejo de conceptos y de procesos por parte de los estudiantes (por ejemplo en aritmética), al identificarlas se pueden ir superando con el desarrollo de la actividad misma y con tareas extras que el docente asignaba para mejorar los procesos de aprehensión.
- El trabajo en grupo define las habilidades matemáticas y las fortalezas cognitivas que permiten el aprendizaje colectivo de los participantes.
- El uso de las tecnologías basadas en RA, dentro y fuera del aula, propicia una oportunidad para dar a conocer los conceptos abstractos de una forma más clara, eliminando en muchos casos la prevención que existe por parte de los estudiantes hacia las matemáticas.
- Los descubrimientos que hacen los estudiantes son una oportunidad de aprendizaje también para los docentes pues permiten familiarizarse con las TIC, especialmente con la RA, promoviendo su visualización y el aprendizaje síncrono.
- A pesar de tener un ambiente mediado por elementos tecnológicos que aportan en la comprensión, los vacíos de algunos de los estudiantes en los preconceptos no permiten que la mediación aporte en mejorar su aprendizaje.
- La didáctica fortalece la comprensión de conceptos aplicados a diferentes contextos y permite explicar fenómenos cotidianos desde diferentes enfoques (la física, la biología, la ingeniería, la arquitectura, por nombrar algunos).
- Cuando los estudiantes expusieron inferencias, conclusiones, características de las experiencias y las aplicaciones encontradas, se dio un aprendizaje tanto para el profesor como para el estudiante.

- El uso de un recurso tecnológico en el aprendizaje es una oportunidad para minimizar el ocio en el aula y un mecanismo de inclusión para los estudiantes distraídos, desnivelados y/o desinteresados.
- Aun cuando el estudiante use la tecnología como herramienta de aprendizaje, esta acción debe ir respaldada por otras complementarias como repasos, estudio y realización de ejercicios de afianzamiento, de lo contrario será muy poco lo que recuerde pues si bien la experiencia y la visualización son elementos de aprendizaje, la dedicación es un componente esencial en el aprendizaje.
- Los ejercicios de campo y en aula despertaron el interés de los participantes propiciando adicionalmente aptitudes como el liderazgo, la distribución de funciones según habilidades, la potencialización de la lectura, la búsqueda de información y la escritura consagrados en la elaboración de los informes.
- La asistencia general de los grupos experimentales fue en promedio del 94%. Los estudiantes que no asistieron (promedio 1 a 3 sesiones) adujeron motivos como calamidad doméstica, dificultades económicas, problemas en el transporte, y enfermedad.
- Coincidentemente en los tres grupos experimentales se evidenció una participación del 100% de los estudiantes que asistían, la cual se daba de manera espontánea y sin presiones. Al revisar las actividades derivadas de los laboratorios se encontró un trabajo juicioso que justificaba el interés y motivación por parte de los estudiantes, aun cuando algunos laboratorios requerían de traer información extraída de contextos externos al aula (visita al supermercado, realización de una ruta, etc.)
- La actividad fomentó la expresión verbal, la organización de ideas y el aprendizaje colaborativo haciendo uso de recursos tecnológicos como elementos de búsqueda de información, uso de bases de datos, citas y noticias científicas.
- Los estudiantes destacaron que sus grupos familiares se sentían positivamente sorprendidos y motivados por las formas particulares de enseñanza que aplicaban en la universidad, las cuales resultaban novedosas y creativas.
- Algunos docentes del área y de áreas externas mostraron interés por implementar estas didácticas en sus espacios académicos.
- No obstante el entusiasmo generado en la mayoría de estudiantes con las prácticas, a la hora de dar cuenta de los procesos algunos siguen teniendo dificultades para dar solución

problemas, lo que ratifica la necesidad de estudiar la teoría acompañada de ejercicios de repaso que refuercen los conceptos.

- La forma de evaluar se extrapola a otras tareas como revisar procesos, actividades, resultados, de modo que permite observar a los estudiantes en diferentes roles y contextos, lo cual da una idea de su desempeño social y profesional.
- Las actividades realizadas son de tipo integral potenciando la formación holística del ingeniero porque los espacios académicos de núcleo común fortalecen los saberes y potencian la comprensión del mundo de forma transdisciplinar.
- **Evaluación del desempeño en el desarrollo de los laboratorios.**

Al finalizar cada laboratorio el docente orientador realizó una revisión de las guías teniendo en cuenta los procesos llevados a cabo (Toma de datos o ejecución de procesos, desarrollo matemático, cumplimiento de objetivos, redacción de conceptos, resolución de las preguntas, socialización y aportes). A continuación se muestran de manera porcentual y gráfica los desempeños globales encontrados en los grupos experimentales.



Gráfica 2. Desempeños globales grupos experimentales en la ejecución de los laboratorios.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo observado para la categoría de didáctica es evidente que la contribución de la mediación generó evidencias de procesos de aprendizaje transdisciplinar, manifestados en las relaciones que los estudiantes realizaron como fueron: concepto-objeto, concepto-aplicación, concepto-situación, concepto-otra disciplina. Se evidencia además que la

experiencia aportó al enriquecimiento de los procesos didácticos llevados por los docentes en el aula como una oportunidad de aprendizaje mutuo, así como también que los desempeños en el desarrollo de los laboratorios fueron satisfactorios para la mayoría de participantes pues en el seguimiento se demuestra que aumentaron los porcentajes de participación y asistencia. Así mismo, la experiencia permitió establecer fortalezas y debilidades tanto del estudiante en su individualidad como del proceso mismo.

4.4 Desempeño académico

A continuación se detallan los hallazgos relacionados con la categoría Desempeño Académico teniendo en cuenta tres aspectos, el primero son los resultados del instrumento I, aplicado como elemento de comparación de los preconceptos que deberían manejar los estudiantes de los grupos experimental y control luego de su ingreso a la universidad, con el fin de identificar paridades o diferencias entre las notas obtenidas por cada grupo, el segundo es la aplicación de los instrumentos II, III y IV con los que se pretende observar el comportamiento de los grupos experimentales luego de cada tratamiento (aplicación de los laboratorios basados en realidad aumentada) y, a la par, observar las posibles diferencias con los grupos control que no estuvieron sometidos al tratamiento, el tercero tiene que ver con la descripción cualitativa del desempeño académico cuya información se extrajo de los comentarios escritos por los estudiantes, tanto en los laboratorios como en los instrumentos, y de los aportes de los profesores que participaron en la ejecución del proceso.

4.4.1 preprueba. Se aplicó en la primera sesión de clase, tanto en los grupos experimentales como control, luego de que el docente realizara su presentación y diera a conocer el contenido del curso, los criterios de evaluación, la bibliografía y la dinámica interna de trabajo. Se procedió a entregar la preprueba a cada estudiante para que la desarrollaran con ayuda de lápiz y papel. Los resultados se incluyeron en la base de datos, estableciendo diferencias por temática, proceso y tipo de pensamiento a desarrollar.

La aplicación de la preprueba tuvo como objetivo central determinar si hay diferencias significativas entre los grupos experimentales y control, para lo cual se procedió a implementar la prueba estadística “T de Student” la cual permite evaluar si dos grupos difieren de manera significativa respecto a sus medias (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Dicha prueba arrojó como resultado una $t = 0,29$, con grados de libertad¹⁸ de 52 y con un nivel de significancia entre $0.6792 < 2.6737$, lo que indica que la diferencia entre los grupos no es significativa, dándose una distribución normal de los mismos. Esto quiere decir que el total de estudiantes a comparar no tienen diferencias significativas en cuanto a su rendimiento académico con respecto al inicio del proceso.

En la tabla 19 se realiza el análisis de la preprueba comparando cada grupo experimental con su respectivo control por institución, aplicando la prueba “t de Student”, suponiendo varianzas iguales. De acuerdo con esta tabla se puede apreciar que las comparaciones oscilan entre 0,31 y 0,44 lo que no resulta estadísticamente significativo pues para aprobar las posibles diferencias entre sujetos estos valores deberían estar por debajo de 0,05, lo cual es consecuente con el análisis global.

Tabla 19

Comparaciones de preprueba grupos experimentales y control

	Grupo Experimental I	Grupo Control I	Grupo Experimental II	Grupo Control II	Grupo Experimental III	Grupo Control III
Media	2,519608	2,490196	1,372549	1,460784	2,058824	2,068627
Observaciones	34	34	34	34	34	34
Estadística t	0,129753		-0,32516		-0,0332	
P (T≤t) una cola	0,448578		0,373043		0,486807	
P(T≤t) dos colas	0,897157		0,746086		0,973614	

Fuente: Elaboración propia.

Revisando los resultados obtenidos por los 204 estudiantes, tanto de los grupos experimentales como control, en el desarrollo de la preprueba se observa que 81% obtuvo una calificación por debajo del nivel aprobatorio (tres cero-3,0); de los estudiantes que alcanzaron nivel aprobatorio, el 12% obtuvo una calificación entre tres (3,0) y tres cinco (3,5) y el 7% restante una calificación entre 3,6 y 3,9. También se observa que un 75% presenta dificultades al resolver las preguntas de geometría, un 92% muestra falencias al solucionar las preguntas de álgebra y cálculo, y un 80% muestra fallas al dar las respuestas relacionadas con estadística.

¹⁸ Los grados de libertad en estadística indican cuál es el valor que se debe esperar de t ya que “cuanto mayor número de grados de libertad se tengan, la distribución t de Student se acercará más a ser una distribución normal” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 461).

4.4.2 Análisis posprueba. Para esta fase a los grupos experimentales se les trabajaron los contenidos del curso de cálculo diferencial través del tratamiento basado en laboratorios mediados por RA (con temáticas asociadas como se describió en el diseño metodológico) y a los grupos control se les trabajó el curso empleando estrategias no centradas primordialmente en el uso de tecnologías.

- **Comparación de la variable Nota luego de la Posprueba I.** En la tabla 20 se observa la comparación de la variable calificación (nota) entre los grupos experimental y control para la Posprueba I, en la que se evaluaron las temáticas de: Relaciones, secciones cónicas, funciones, propiedades y tipos de funciones, y operaciones entre funciones. Para el análisis se empleó el análisis estadístico “t de Student” para datos independientes, puesto que la variable tanto para el grupo experimental como para el grupo control se distribuía de forma normal, utilizando un nivel del error de $\alpha = 0,05$. A partir de estos datos se puede afirmar que existen diferencias estadísticas significativas en la variable calificación (nota) obtenida por los estudiantes de grupos experimentales versus los grupos control dado que $P < 0,05$ luego de aplicado el tratamiento.

Tabla 20

Comparaciones de Posprueba I grupos experimentales y control

	Grupo Experimental I	Grupo Control I	Grupo Experimental II	Grupo Control II	Grupo Experimental III	Grupo Control III
Media	3,74117647	2,52941177	3,56941177	2,841176471	3,45705882	2,54117647
Observaciones	34	34	34	34	34	34
Estadística t	3,94763015		0,48358895		2,03564858	
P (T≤t) una cola	9,71E-05		3,15139E-06		0,02290-03	

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera en la tabla 21 se pueden observar los porcentajes de aprobación de la población objeto de análisis para la Posprueba I, evidenciando que en los tres (3) grupos experimentales hay un mayor porcentaje de aprobación que en los grupos controles, reduciéndose la reprobación en el corte I (luego de transcurridas 5 semanas académicas).

Tabla 21

Porcentajes de aprobación y reprobación Posprueba I

	Institución I		Institución II		Institución III	
	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado
Grupo Experimental	67,6	32,4	73,5	26,5	55,9	44,1
Grupo Control	35,3	64,7	26,5	73,5	38,2	61,8

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de la variable nota luego de la Posprueba II.** En la Tabla 22 se aprecia la comparación de la variable calificación (nota) entre los grupos experimental y control para la Posprueba II. Con este instrumento se evaluaron las temáticas de: Límites de funciones, continuidad de funciones, el concepto de derivada, y las técnicas básicas de derivación. Para el análisis se empleó la estadística “t de Student” para datos independientes ya que la variable, tanto para el grupo experimental como para el grupo control, se distribuía de forma normal, utilizando un nivel del error de $\alpha = 0,05$. Con base en los datos se puede inferir que existen diferencias estadísticas significativas en la variable calificación (nota) obtenidas por los estudiantes de los grupos experimentales versus los grupos control, dado que luego de aplicado el tratamiento resultó $P < 0,05$.

Tabla 22

Comparaciones de Posprueba II grupos experimentales y control

	Grupo Experimental I	Grupo Control I	Grupo Experimental II	Grupo Control II	Grupo Experimental III	Grupo Control III
Media	3,45	2,52941177	3,65882353	2,80882353	3,77058824	3,0006471
Observaciones	34	34	34	34	34	34
Estadística t	4,513714423		2,330600815		1,43601636	
P (T≤t) una cola	1,35E-05		0,011420148		0,07786034	

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los porcentajes de aprobación de la población objeto de análisis para la Posprueba II, en la tabla 23 se pueden observar los resultados que evidencian que en los tres (3)

grupos experimentales hay un mayor porcentaje de aprobación que en los grupos controles, reduciéndose la reprobación académica (transcurridas 10 semanas académicas).

Tabla 23

Porcentaje de aprobación y reprobación Posprueba II

	Institución I		Institución II		Institución III	
	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado
Grupo Experimental	72,90%	27,10%	84,60%	15,40%	67,60%	32,40%
Grupo Control	27,30%	72,70%	37,80%	62,20%	42,30%	57,70%

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de la variable nota luego de la Posprueba III.** La comparación de la variable nota entre los grupos experimental y control para la Posprueba III se presenta en la tabla 24, allí se evaluaron las temáticas de: Otras técnicas de derivación de funciones y aplicaciones de la derivada. Para el análisis se empleó la estadística “t de Student” para datos independientes, adecuada para los casos en que la variable, tanto para el grupo experimental como para el grupo control, se distribuye de forma normal, utilizando un nivel del error de $\alpha = 0,05$. A partir de estos datos se puede afirmar que existen diferencias estadísticas significativas en la variable calificación (nota) obtenidas por los estudiantes de grupos experimentales versus grupos control luego de la Posprueba, dado que luego de aplicado el tratamiento $P < 0,05$.

Tabla 24

Comparaciones de Posprueba III para los grupos experimentales y control

	Grupo Experimental I	Grupo Control I	Grupo Experimental II	Grupo Control II	Grupo Experimental III	Grupo Control III
Media	3,191176471	2,86764706	3,426470588	2,77941177	3,411764706	2,82352941
Observaciones	34	34	34	34	34	34
Estadística t	1,640059311		3,979620868		2,809757435	
P (T≤t) una cola	0,052875445		8,71E-05		0,000325868	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25 se pueden observar los porcentajes de aprobación de la población objeto de análisis para la Posprueba III, los cuales evidencian que en los tres (3) grupos experimentales

hay un mayor porcentaje de aprobación que en los grupos controles, reduciéndose la reprobación académica (transcurridas 15 semanas académicas).

Tabla 25

Porcentaje de aprobación y reprobación Posprueba III

	Institución I		Institución II		Institución III	
	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado	Aprobado	Reprobado
Grupo Experimental	84,40%	15,60%	67,10%	32,90%	65,60%	34,40%
Grupo Control	37,20%	62,80%	55,00%	45,00%	42,30%	57,70%

Fuente: Elaboración propia.

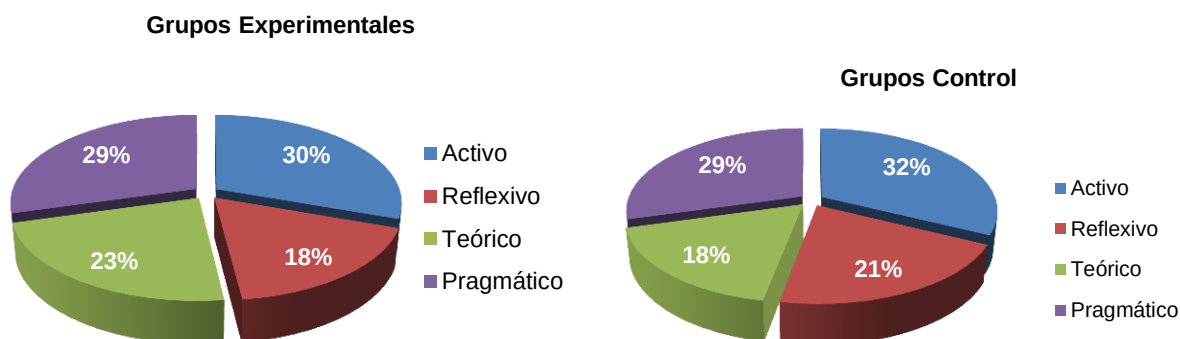
Recapitulando se puede apreciar que en cuanto a la categoría rendimiento académico los anteriores análisis evidencian que en las tres mediciones existen diferencias estadísticamente significativas que sustentan que al aplicar el tratamiento “medicación pedagógica basado en RA” se encuentra una variación numérica estadísticamente significativa en la variable nota que se refleja en el aumento de los promedios y la disminución de la reprobación en los grupos experimentales, lo cual permite aceptar la hipótesis de trabajo y rechazar la hipótesis nula.

$$H_i: M1 = M2$$

$$H_o: M1 \neq M2$$

De igual manera los resultados muestran que hay una variación entre la aplicación del tratamiento para potenciar los estilos de aprendizaje y la variable nota. Estos hallazgos son concordantes con el porcentaje de aprobación del curso de cálculo diferencial en los grupos experimentales, que es del 83,3% en promedio, contrastado con el 53,7% de los grupos control, lo que evidencia una reducción de la reprobación en los grupos experimentales en un porcentaje de 29,6.

- **Rendimiento académico versus el estilo de aprendizaje.** El interés en identificar los estilos de aprendizaje, tanto en los grupos experimentales como en los de control, permite ver si existe una correlación entre el estilo y la nota a fin de establecer si algún estilo en particular se ve beneficiado con la experiencia, para ello se tomaron los resultados provenientes del test CHAEA (Alonso y otros, 1999), descrito previamente en la sección del diseño metodológico, el cual fue diligenciado en línea por los estudiantes. La gráfica 3 muestra las tendencias porcentuales de los estilos predominantes para cada grupo.



Gráfica 3. Predominancias en los estilos de aprendizaje por grupos. Fuente: Elaboración propia.

Luego de identificar los estilos de aprendizaje para cada grupo se procedió a establecer la correlación entre el rendimiento académico de la preprueba versus la posprueba III a fin de establecer si la intervención estaba relacionada con un cambio en la nota en los grupos experimentales y en comparación con lo que sucedía en los grupos experimentales (Tabla 26) empleando la prueba de correlación de Pearson.

Tabla 26

Prueba de correlación estilo de aprendizaje y rendimiento académico grupo experimental

Variable	preprueba			Posprueba		
	Estadística	Estilo de aprendizaje	Rendimiento Académico	Estadística	Estilo de aprendizaje	Rendimiento Académico
Estilo de aprendizaje	Correlación de Pearson	1	,0670	Correlación de Pearson	1	,0670
Rendimiento académico	Sig (bilateral)		0,34	Sig (bilateral)		0,000
	N	102	102	N	102	102
	Correlación de Pearson	0,032	1	Correlación de Pearson	,670**	1
	Sig (bilateral)	0,573		Sig (bilateral)	0,000	
	N	102	102	N	102	102

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de la tabla 26 reflejan que en la preprueba no hay correlación entre la variable Estilo de aprendizaje y el rendimiento académico para los grupos experimentales ya que el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,032 y su significancia es mayor a 0,05,

configurando evidencia estadísticamente significativa para decir que en la preprueba no hay relación entre el estilo de aprendizaje y la nota; no obstante luego de aplicado el tratamiento en la prueba III, se encuentra una correlación positiva entre la variable estilo de aprendizaje y rendimiento académico para estos mismos grupos, ya que el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,670 y su significancia es menor a 0,05 ofreciendo evidencia estadísticamente significativa para postular que en la Posprueba III hay relación entre el estilo de aprendizaje y la nota.

Tabla 27

Prueba de correlación estilo de aprendizaje y rendimiento académico grupo control

Variable	preprueba			Posprueba		
	Estadística	Estilo de aprendizaje	Rendimiento Académico	Estadística	Estilo de aprendizaje	Rendimiento Académico
Estilo de aprendizaje	Correlación de Pearson	1	,0670	Correlación de Pearson	1	,0456
Rendimiento académico	Sig (bilateral)		0,34	Sig (bilateral)		0,451
	N	102	102	N	102	102
	Correlación de Pearson	0,002	1	Correlación de Pearson	0,049	1
	Sig (bilateral)	0,764		Sig (bilateral)	0,451	
	N	102	102	N	102	102

Fuente: Elaboración propia.

Los anteriores datos muestran que en la preprueba no hay correlación entre la variable estilo de aprendizaje y rendimiento académico para los grupos control ya que el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,002 y su significancia es mayor a 0,05, lo que brinda evidencia estadísticamente significativa para decir que en la preprueba no hay relación entre el estilo de aprendizaje y la nota, situación que se repite para la Posprueba III en la que se encuentra que el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,049 y su nivel de significancia es mayor a 0,05 por lo que hay evidencia estadísticamente significativa para decir que en la Posprueba III no hay relación entre el estilo de aprendizaje y la nota.

En cuanto a los estilos de aprendizaje y al rendimiento académico se puede establecer que al aplicar el procedimiento en los grupos experimentales la mediación permitió potenciar los estilos de aprendizaje hasta tal punto que la variable nota se incrementó positivamente, poniendo de manifiesto los beneficios de este tipo de didácticas. Se encuentra además que las notas más altas no tienen una relación con un estilo predominante identificado para cada sujeto, en los

grupos control quienes muestran tendencias de nota promedio más alta son los estilos predominante teórico y pragmático.

Como valor agregado del estudio, se llevaron a cabo dos comparaciones adicionales dentro de los grupos experimentales, una fue la comparación de diferencia entre géneros y otra la diferencia entre programas.

Tabla 28

Promedio de la variable nota según el género en el grupo experimental y control

Genero	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Control	102	0,654	0,062
Experimental	102	0,506	0,071

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se observa la comparación de la variable calificación (nota) versus el programa al que pertenecía cada estudiante, para ello se utilizó la estadística “t de Student” para datos independientes, dado que la variable se distribuía de forma normal; al utilizar un nivel de error de 0,05 podemos afirmar que no existen diferencias estadísticas significativas en la nota de los dos grupos dado que $P > 0,05$.

En la revisión del proceso también se hizo evidente que los desempeños de los estudiantes no están asociados con su género pues se encuentran fortalezas y debilidades tanto en hombres como en mujeres.

Tabla 29

Comparación de nota promedio según el programa

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intergrupos	7,706	5	1,541	4,595	,001
Intragrupos	52,661	157	,335		
Total	60,368	162			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se realiza la comparación de la calificación (nota) versus el promedio teniendo en cuenta el programa, se utilizó la prueba ANOVA y se encontró que sí existían diferencias significativas en la nota promedio según programa siendo $P < 0,05$. En la revisión

general los programas que mostraron notas más altas están asociados con las carreras ingeniería de telecomunicaciones, electrónica, biomédica y mecatrónica.

Capítulo Cinco. Discusión de resultados

El análisis de resultados es producto del discernimiento del investigador con base en la información obtenida mediante la aplicación de los instrumentos propuestos para la recolección de datos y el uso de herramientas estadísticas. Con este propósito esta discusión se organizó de acuerdo con las categorías transversales al propósito de la investigación, las cuales son: el aprendizaje transdisciplinar, la realidad aumentada como mediación pedagógica (aportes de la experiencia desde los docentes y desde el desempeño de los estudiantes), y el rendimiento académico (didáctica-rendimiento, estilo-rendimiento, género-rendimiento, programa-rendimiento).

5.1 Aprendizaje transdisciplinar

De acuerdo con las teorías revisadas en el marco referencial (principalmente las de Morin con el pensamiento complejo y Nicolescu con la transdisciplinariedad) y conforme a las características propias de esta investigación, para el caso de este estudio el aprendizaje transdisciplinar se puede considerar como un principio epistemológico constitutivo de los procesos de construcción autónoma del conocimiento de las matemáticas, que contribuye a superar los límites que separan esta ciencia de otras disciplinas, a través de método, estrategias y técnicas, las cuales posibilitan en la experiencia vivida la interacción del interior del sujeto (estudiante), que a su vez se interrelaciona con el otro (profesor-compañero-familia) y con su entorno (universidad-escuela-trabajo), basada en un paradigma que toma en cuenta la complejidad de la realidad (niveles de realidad) y la implicación del sujeto en la construcción cognoscitiva (conocer) de sí mismo, la unidad del conocimiento y del arte de vivir en la sociedad.

Para una mejor comprensión de este concepto y su aplicación el mismo se puede desglosar en sus frases constitutivas de la siguiente manera:

- i) *Un principio epistemológico constitutivo de los procesos de construcción del conocimiento de las matemáticas*, como lo manifiesta Moraes (2007), quien reconoce la transdisciplinariedad como un proceso que requiere que nuestro pensamiento vaya más allá de los aspectos cognitivos.
- ii) *Que contribuye a superar los límites que separan esta ciencia de otras disciplinas*, como lo afirman Jean Piaget (1972), Eric Jantsch (1979), Edgar Morin (2005), quienes expresan categóricamente que en el campo de la enseñanza no deben existir las fronteras

metodológicas entre disciplinas, pues en esta relación está la riqueza del aprendizaje y cómo el individuo da respuesta a los retos que se le presentan a lo largo de su vida individual y comunitaria.

- iii) *A través métodos, estrategias y técnicas de formación* que le permitan al estudiante distinguir lo que es real de lo que es ilusorio y tener acceso inteligente al extenso conocimiento de nuestro tiempo (Zemelman, Sujeto y subjetividad: la problemática de las alternativas como construcción posible, 2010).
- iv) *Basado en la experiencia vivida* (niñez, adolescencia, adultez) en la que se dan estados de singularización del sujeto o de conciencia intensa que se relaciona con la praxis de autoformación, como lo expone Lesourd (2004), esto significa que en el quehacer pedagógico se interrelacionen las experiencias sobre un tema específico en diálogos (narrados, escritos) acompañados metodológicamente en la producción individual y colectiva del saber matemático subjetivo hacia una reflexión abierta y crítica (Rodríguez M. , 2011; Zemelman, Sujeto y subjetividad: la problemática de las alternativas como construcción posible, 2010).
- v) *Que posibilitan la interacción del interior del sujeto (estudiante) que a su vez se interrelaciona con el otro (profesor-compañero-familia) y con su entorno (universidad-escuela-trabajo)* (Nicolescu, La evolución transdisciplinaria del aprendizaje, 2013); lo cual hace referencia a los diferentes sujetos que se interrelacionan y que son objeto de análisis en el escenario diseñado para la actividad de aprendizaje (Crozier & Friedberg, 1990; Morin, 2005), dichos autores identifican a estos sujetos como actores sociales que tienen un protagonismo en la actividad, quienes promueven esfuerzos y logran ejercer poder para lograr sus fines individuales y colectivos.
- vi) *Basada en un paradigma que toma en cuenta la complejidad de la realidad (niveles de realidad) y la implicación del sujeto en la construcción cognoscitiva (conocer)* (Nicolescu, 1996), esto implica concebir el aprendizaje como un sistema de complejidad de la realidad (Morin, 2005) y eco-organizada (Bateson, 1977) es decir la implicación del sujeto en la construcción cognoscitiva (Maturana & Varela, 1994), *sí mismo, la unidad del conocimiento y del arte de vivir en la sociedad* (Moraes, 2007; Nicolescu, La evolución transdisciplinaria del aprendizaje, 2013).

5.2 Realidad aumentada como mediación pedagógica para la construcción de aprendizaje transdisciplinar

Al aplicar el tratamiento en los grupos experimentales por medio de los laboratorios I, II y III basados en RA se observa un progreso estadísticamente significativo en el rendimiento académico de los estudiantes, lo cual refleja la pertinencia de mediar los procesos de aprendizaje de las matemáticas (para este caso, el curso de cálculo diferencial: relaciones, funciones, límites, continuidad, derivadas y aplicaciones de la derivada) con esta tecnología, principalmente por las siguientes características puntuales que ofrece:

- En primer lugar, esta propuesta hace uso de una mediación que propende por potenciar las inteligencias múltiples (Gardner, 2016), considerando un conjunto de ejercicios, permitiendo un acercamiento a los objetos de la parte real en los que el estudiante permanece en contacto con su contexto, de manera que su concentración se encuentra en el mundo real aumentado, para este caso en particular observando los objetos abstractos de la matemática en representaciones reales (Pulido, 2015), situación que lo lleva a la rápida asimilación de procedimientos de aprendizaje (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf, & Kinshuk, 2014).
- En segundo lugar, conduce al incremento de la motivación personal (intrínseca) lo que se manifestó en el aumento de la asistencia y la participación en los laboratorios y en la búsqueda de respuestas pedagógicas múltiples y creativas (Di Serio, y otros, 2013), que conducen a alimentar las inferencias con respecto a conceptos matemáticos o situaciones problema.
- En tercer lugar, fomenta el desarrollo cognitivo divergente (estrategias cognitivas poco usadas o nuevas), es decir, aprender haciendo y proponiendo diferentes caminos o estrategias para la resolución de problemas prácticos matemáticos (Lin, Duh, Li, Wang, & Tsai, 2013; Liu, 2009) aplicados a la ingeniería.
- En cuarto lugar, permite un aprendizaje híbrido (Gros, 2001; Ruiz, 2011) el cual supone una redefinición de los roles del docente y discente, convirtiendo las sesiones de clase en espacios de encuentro educativo, en las que los docentes son formadores que aprenden mientras enseñan, y los estudiantes aprenden a aprender y a enseñar (Bongiovani, 2013; Cabero, Leiva, Moreno, Barroso, & López, 2016), dando lugar a la potenciación entre saberes.

- En quinto lugar, se propicia la cibercultura (Gros, 2001), es decir un cambio en la cultura propiciado por las nuevas tecnologías, lo cual redundará en el campo de la pedagogía en cambios en los paradigmas de enseñanza-aprendizaje relacionados con el uso de las TIC, en este caso la RA, lo cual se manifiesta por una mediación pedagógica que se caracteriza por estar desprovista de centro, de líneas directrices, de entidades ligadas a un tiempo y un espacio, permitiendo el aprendizaje de las matemáticas en todo lugar y en todo contexto, trascendiendo los límites de las disciplinas individuales y dando lugar a procesos de aprendizaje transdisciplinarios para abordar los problemas desde múltiples perspectivas a fin de generar conocimientos emergentes (Nicolescu, 1998).
- En sexto lugar, los laboratorios de matemáticas permitieron observar las habilidades cognitivas y metacognitivas de los estudiantes (individuales y grupales), lo cual permite potenciar los procesos de enseñanza-aprendizaje así como los de evaluación (Coscollola & Graells, 2011; Ibarra, Rodríguez, & Gómez, 2012).
- Finalmente, las observaciones realizadas por los docentes en los procesos llevados a cabo por los estudiantes en el desarrollo de los laboratorios muestran marcadas diferencias entre sus formas particulares de actuar y aprender, por ejemplo, los activos que utilizan la modalidad de indagación por prueba y error como estrategia reiterativa para llegar a dar solución a problemas, otros que permanecen con pasividad, leyendo la guía, esperando que el profesor concluya las indicaciones para realizar el trabajo, algunos que realizan consultas frecuentemente al docente y son cuidadosos en seguir las instrucciones, mostrándose cautos, precisos y cayendo difícilmente en situaciones de error, lo anterior evidencia que los estilos de aprendizaje son susceptibles de mejorar en el proceso cognitivo (Sepúlveda, López, Torres, Luengo, Montero, & Contreras, 2011) y su identificación facilita el desarrollo de técnicas y estrategias de enseñanza más efectivas, beneficiando la creación de un clima más acogedor y promoviendo la participación de los estudiantes y, por ende, el mejoramiento del rendimiento académico (González, Sáez, & Ramírez, 2016).

5.3 Rendimiento académico

5.3.1 Prueba diagnóstica de ingreso en matemáticas. De los 204 estudiantes analizados, el 81% reprobaron la preprueba, resultados que son coincidentes con estudios realizados en universidades locales, como el de los profesores Zúñiga & Morales (2015), cuyo análisis muestra que el 72% de los estudiantes que ingresan a la universidad para el programas de

ingeniería, reprobaron el examen diagnóstico de matemáticas. Esta misma situación se observa en el seguimiento que hacen las instituciones universitarias internacionales, como lo reporta el informe de Míguez, y otros (Míguez, Crisci, Curione, Loureiro, & Otegui, 2007), quienes exponen que el 77,72% de los estudiantes que ingresan a primer año se ubicaron en un nivel insuficiente en matemáticas, y el de Rodríguez (2015) en el que se evidencia que un 94,3% de los estudiantes reprobaron el examen de ingreso en esta área.

Los estudiantes objeto de estudio manifestaron que al enfrentarse al examen de ingreso identificaron que tienen muchas deficiencias en los conceptos de: conjuntos, propiedades de los números reales, manejo del plano cartesiano, manejo de la calculadora, comprensión de los enunciados de los problemas, uso de la simbología matemática, entre otros, porque en el colegio aprobaron realizando recuperaciones (45%) o porque en la institución donde estudiaban no se les daban los temas completos (25%), situaciones que los llevan a no tener las herramientas conceptuales para asumir el curso, esta misma circunstancia también se encuentra en los trabajos de investigación realizados por Murcia & Henao (2015) y Villalba & Salcedo (2008), en los cuales los factores de reprobación escolar se centran en la escasa preparación en la educación preescolar, básica y media, que se refleja en los resultados de las pruebas estandarizadas (SABER y PISA) y que influye directamente en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios, específicamente en el primer año (SPADIES, 2015).

5.3.2 Resultados Posprueba.

- El experimento permitió una disminución en la reprobación académica en los grupos experimentales del 29,6%. Este dato también fue contrastado con los datos históricos de seguimiento académico donde se observa una reducción en el porcentaje de reprobación con respecto a 2017-II del 47,3%.
- El porcentaje de estudiantes pertenecientes a los grupos experimentales que reprobaron el curso fue de 16,7% quienes, a pesar de haber sido sometidos al proceso, no alcanzaron la nota aprobatoria. A la hora de enfrentarse a la solución de ejercicios y problemas en contexto matemáticos ellos muestran dificultades en cuanto a: Realización de operaciones básicas (20%), análisis de problemas (45%), procesos que requieren álgebra y cálculo (55%), ejecución de procesos pero con cálculos errados (48%), uso incorrecto del plano cartesiano (18%), y dificultad para analizar situaciones o formas en dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D) (17%).

5.3.3 Rendimiento académico y estilos de aprendizaje. Los datos indican que luego del tratamiento en los grupos experimentales hay una variación significativa entre la nota obtenida versus el estilo de aprendizaje, es decir que la intervención permitió generar un cambio en los sujetos al conocer las características de su estilo y que las didácticas propuestas fueron pertinentes para su desarrollo, lo cual concuerda con los hallazgos realizados por Craveri & Anido (2014) y Gil & Luna (2008), quienes concluyen que al potenciar los estilos de aprendizaje con mediaciones tecnológicas se obtienen mejores resultados académicos.

También es importante destacar que todos los estudiantes se beneficiaron del experimento, independientemente de su estilo de aprendizaje predominante, acorde con lo propuesto por Schmeck (1983), quién expresa que las estrategias usadas por los estudiantes son independientes de la tarea de aprendizaje. En este sentido, se puede inferir que las estrategias de enseñanza mediadas por RA favorecen la diversidad de estilos de aprendizaje, no solamente el predominante, pues los laboratorios están diseñados para potenciar los cuatro (4) estilos: el pragmático, el activo, el teórico y el reflexivo.

Al establecer la relación entre el rendimiento académico y el estilo de aprendizaje del estudiante se evidencia la importante influencia de los ambientes de aprendizaje en la comprensión de temáticas propias de las ciencias matemáticas (Craveri & Anido, 2014), además, se abre la oportunidad de elaborar actividades adaptadas a dichos estilos, con lo cual se puede potenciar el aprendizaje de las ciencias, entre ellas las matemáticas.

Capítulo Seis. Conclusiones

- **Con respecto al aprendizaje transdisciplinar**

- Para la presente investigación se propuso un concepto propio: “aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas”, referido a concatenar categorías puesto que la literatura trata los términos en forma independiente, situación que hizo necesaria la comprensión articulada de estos conceptos a fin de proponer los procesos aplicados, con lo cual se dio cumplimiento a la primera parte del objetivo general.

- La experiencia pone de manifiesto que el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas requiere realizar acciones de interpretación entre diversas ramas del saber, es decir, un proceso según el cual se sobrepasan los límites de las ciencias matemáticas como disciplina individual y se trasciende para tratar problemas desde perspectivas múltiples con vista a generar conocimiento emergente.

- El aprendizaje transdisciplinar de las matemáticas rebasa los límites de lo interdisciplinario al superar la fragmentación del conocimiento, va más allá del enriquecimiento de las disciplinas con diferentes saberes (multidisciplina) y del intercambio epistemológico y de métodos científicos de los saberes (interdisciplina).

- Las matemáticas aprendidas desde la mirada transdisciplinar permiten al estudiante ampliar la visión del mundo (del conjunto) y reconocer los lazos que vinculan a todo lo real entre sí a través de representaciones que modelan la unidad de lo diverso.

- Los vertiginosos cambios científicos y la complejidad de la realidad actual obligan a los estudiantes a estudiar científicamente a la sociedad como un todo y al individuo que interactúa en ella, dotado de habilidades, destrezas, actitudes y aptitudes; esto conduce a una nueva postura frente al aprendizaje de las ciencias matemáticas el cual debe estar basado en los enfoques inter- y trans-disciplinares que lleven a los futuros ingenieros a transformar sus entornos positivamente, dando soluciones sostenibles y apropiadas con el ambiente y la economía.

- **Con respecto a la didáctica**

- La mediación de la RA generó espacios de aprendizaje transdisciplinar, manifestados en las relaciones que los estudiantes produjeron como fueron: concepto-objeto, concepto-aplicación, concepto-situación, y concepto-otra disciplina.

– El uso de la RA en el proceso enseñanza-aprendizaje del curso de cálculo diferencial resultó oportuno pues permitió la realización de diferentes actividades, como el intercambio de información, la creación de entornos simulados mediante la utilización de aplicaciones de uso común y especializados, a través de la realización de prácticas que favorecieron la apropiación de conceptos como funciones, graficas de funciones, dominios rangos, máximos, mínimos entre otros; además, las TIC facilitaron la realización de ejercicios, la evaluación virtual de actividades y la comunicación constante sin limitaciones de espacio y tiempo.

– Con el uso de tecnologías en el aula, como la RA, la realidad no es sólo multidimensional, sino que es también multirreferencial (abordar un objeto de análisis desde diferentes posturas teóricas), es decir, que para estudiar un fenómeno de interés existen dimensiones provenientes de distintos enfoques que pueden encontrar un horizonte común, lo que lleva al individuo a elaborar un tipo de pensamiento transdisciplinar.

– Las aplicaciones didácticas emergentes permiten reconocer que la educación es un escenario en el que docente y estudiante pueden crear oportunidades para que tengan lugar cambios significativos en la manera de entender y actuar en el mundo.

– Las didácticas basadas en realidad aumentada RA constituyeron una oportunidad para superar los límites físicos y organizativos del aula uniendo contextos formales e informales de aprendizaje, aprovechando recursos y herramientas globales y difundiendo los resultados de los estudiantes también globalmente, dando pie para la construcción de espacios y ecologías de aprendizaje.

– Las didácticas que apuntan a una comprensión transdisciplinar de las ciencias, en este caso las matemáticas, promueven la transversalidad del conocimiento (estudiantes de diferentes programas abordan un curso común), en la cual un saber repercute sobre el todo (diversos saberes pueden ser comprendidos desde diversas miradas).

– Las experiencias didácticas emergentes aplicadas en esta investigación permitieron a estudiantes y profesores comprender el acto educativo como una oportunidad para lograr significativos en la manera de percibir, y por ende actuar, en el mundo.

– Los laboratorios propuestos, basados en la RA, tuvieron un carácter transdisciplinar (inter-niveles y abiertos) lo cual permitió la participación de docentes y estudiantes, así como también despertar el interés de académicos ajenos al proceso. Así mismo, la RA sirvió como

herramienta para potencian conocimientos matemáticos, actitudes y habilidades relacionadas con la competencia “aprender a aprender”, la metacognición y el compromiso interno.

- Los procesos de aprendizaje de las ciencias matemáticas mediados por realidad aumentada convirtieron las actividades universitarias en experiencias personalmente significativas y auténticas, puesto que se establecieron relaciones cotidianas, uso de tecnologías y aprendizaje de conceptos. Igualmente la didáctica mediante RA permite generar escenarios donde los docentes y los aprendices asumen riesgos intelectuales y transitan por caminos de exploración no trabajados, lo que hace las actividades propuestas creativas, divergentes y abiertas.

- La mediación basada en RA permitió el desarrollo de procesos específicos de la matemática (Comunicación, Razonamiento, Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos, Formular y resolver problemas, Modelar procesos y fenómenos de la realidad) y del pensamiento (Métrico y sistemas de medida, Aleatorio y sistemas de datos, Variacional y sistemas algebraicos y aritméticos, Espacial y sistemas geométricos, Numéricos y sistemas numéricos).

- Las mediaciones que involucran diferentes actividades, razonamientos y procesos de cognición muestran un cambio en la forma de seguir los procesos por parte de los docentes, por lo cual se adoptaron diferentes estrategias (observación, lista de chequeo, diario) para evidenciar los aprendizajes emergentes en los estudiantes.

- **Con respecto al rendimiento académico**

- En la preprueba aplicada a 204 estudiantes (grupos experimentales y control) en la que se evaluaron los pre-conceptos de cálculo diferencial necesarios para abordar el curso, 81% obtuvo una calificación por debajo del nivel aprobatorio (tres cero - 3,0). También se determinaron los aspectos en los cuales los estudiantes no eran asertivos, así: 75% presenta dificultades al resolver las preguntas de geometría, 92% muestra falencias al solucionar las preguntas de algebra y cálculo, y 80% muestra fallas al dar las respuestas relacionadas con estadística.

- El estudio permitió develar que, de acuerdo con la población estudiada, un 55% de los estudiantes que ingresan a la universidad no recibe los contenidos planeados o no fueron trabajados en su totalidad en su ciclo de formación básica y media (secciones cónicas, derivadas y aplicaciones de la derivada), pese a que estar incluidos en los estándares curriculares del MEN.

- Las pruebas estadísticas permitieron determinar que al implementar los laboratorios de RA en el curso de cálculo diferencial se logró un incremento estadísticamente significativo en

el desempeño académico de los estudiantes, lo cual permitió aprobar la hipótesis de trabajo. La contribución del estudio a este aspecto se centró en realizar Pospruebas cada 5 semanas, lo que permitió dar evidencia del proceso llevado a cabo por cada grupo y determinar, parcial y globalmente, el éxito de la intervención.

- El proceso arrojó una disminución en los porcentajes de reprobación académica de los grupos experimentales del 29,6, en comparación con los históricos de las instituciones objeto de estudio; a través de los mecanismos de seguimiento académico se encontró una reducción en el porcentaje de reprobación con respecto a 2017-II del 47,3%, lo cual contribuye de manera significativa a realizar procesos de permanencia basados en las didácticas asertivas y pertinentes.

- En cuanto a la relación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico se puede establecer que al realizar el tratamiento en los grupos experimentales la mediación permitió potenciar los estilos de aprendizaje hasta el punto que la variable “nota” se incrementó positivamente, poniendo en evidencia los beneficios de este tipo de didácticas, acorde con los aportes de los teóricos referenciados que afirman que al potenciar las formas de aprender se pueden formar personas más competentes.

- La experiencia permitió establecer que no hay una relación entre notas más altas y estilo predominante identificado para cada sujeto. De la misma manera se establecieron diferencias estadísticamente significativas entre las notas y el programa, puesto que los estudiantes que mostraron calificaciones más altas están asociados con ingeniería de telecomunicaciones, electrónica, biomédica y mecatrónica, lo cual permitió evidenciar que las carreras multidisciplinarias se ven más beneficiadas por las didácticas de realidad aumentada. De otra parte, no se encontraron asociaciones estadísticas (correlaciones) entre la variable del género y la nota.

- La investigación deja como expectativa el diseño de didácticas basadas en realidad aumentadas para otras áreas, como ecuaciones diferenciales y matemáticas discretas, que aún no han sido exploradas.

Capítulo Siete. Propuestas y recomendaciones

Los hallazgos y resultados obtenidos en este estudio sugieren la necesidad de:

- Mejorar las competencias de los estudiantes para el ingreso a la educación superior por medio de programas de transición, como es el caso de las experiencias exitosas socializadas por el MEN (2015) en las que algunas universidades de Bogotá implementan cursos de nivelación antes de iniciar el semestre académico para estudiantes nuevos en los programas de ingeniería, haciendo énfasis en matemáticas. También es imperiosa la necesidad de mejorar la articulación entre educación media y superior pues, pese a que existen estándares bien definidos por el MEN (2006) en matemáticas para la formación básica, los actuales resultados y la indagación realizada a los estudiantes en este estudio, revelan que en muchos casos (55%) los contenidos planeados no fueron trabajados en su totalidad en sus colegios (secciones cónicas, derivadas y aplicaciones de la derivada).
- Actualizar las prácticas pedagógicas de los docentes de educación básica y media a través de mecanismos que lleven al estudiante a mejorar su nivel básico de matemáticas; también es necesario brindar apoyo académico y socioafectivo a aquellos estudiantes que en el colegio presentan dificultades de aprendizaje y socialización.
- Profundizar en un programa masivo de orientación profesional que le permita al estudiante identificar y desarrollar sus fortalezas cognitivas, sus intereses, sus habilidades, etc., antes de elegir su programa de formación profesional.
- Aplicar este tipo de experiencias didácticas emergentes en todos los niveles educativos de formación inicial (pre-escolar, básica y media) con el fin de aumentar la motivación por el aprendizaje de las matemáticas, al constituirse éstas en un elemento cognitivo primordial en la comprensión del mundo.
- El uso de las tecnologías en el aula puede generar proyectos de índole colaborativo, inter-niveles y abiertos a la participación de docentes y alumnos de otras instituciones (académicas y no académicas), locales e internacionales, lo cual puede generar redes de aprendizaje y colaboración para fomentar la investigación formativa.
- La RA es una mediación pedagógica que proporciona nuevos entornos para explorar, diferentes retos e innovadoras formas de enseñar, aprender y evaluar; no obstante el uso de esta tecnología como herramienta de aprendizaje por sí sola no es efectiva. Para que su

implementación eficaz los docentes y personal administrativo deben tener presentes ciertas características usuales en nuestro medio que condicionan a los estudiantes, a saber:

a) Los estudiantes que ingresan a la universidad, en muchos casos no han contado con una formación adecuada en básica y media que los dote asertivamente de elementos conceptuales y procedimentales para abordar los cursos de matemáticas iniciales en su proceso de formación profesional.

b) El uso de la RA como mediación (u otra TIC) requiere de un cambio de paradigma de manera que el docente y las instituciones educativas estén dispuestos a incorporar en sus escenarios académicos las TIC, lo que exige un tiempo adicional para aprender a usarlas y la elaboración de guías de trabajo ancladas a un micro-curriculum (syllabus) para su realización con los estudiantes, esto requiere un trabajo adicional que no todos los profesores pueden estar dispuestos a asumir, bien sea por razones de tiempo o económicas. La mediación es aplicable a todos los niveles educativos, siendo el de las ciencias matemáticas un escenario pertinente por ser un campo poco explorado.

c) Existen factores de infraestructura (conectividad, acceso a redes, asequibilidad de programas o dispositivos) que pueden dificultar la incorporación de estas didácticas en el aula para llevar a cabo la realización de estos procesos. Para implementar estas mediaciones (RA) se deben presentar cambios en las formas de enseñar y aprender, lo que conlleva la necesidad de estructurar nuevas formas de evaluar que sean consecuentes con los aprendizajes y las pedagogías emergentes.

d) Consecuente con el cambio en los estilos de aprendizaje y con el progreso en el avance de los estudiantes (Yeng, Selvarajah, & Meyer, 2011), también es necesario que los estudiantes reconozcan su estilo propio de aprendizaje.

Referencias

- Acevedo, J., & Fiorentini, D. (2015). Aprendizaje docente: un contexto transdisciplinar de las prácticas escolares. *RECME*, 1(1), 33-38.
- ACOFI. (2013). *Las matemáticas en ingeniería*. Recuperado el 3 de septiembre de 2018, de Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería: <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/Marco-Conceptual-de-Matematicas.pdf>
- Adell, J. (2009). *Sobre entornos personales de aprendizaje*. Recuperado el 2 de octubre de 2018, de Webnode.es Universitat Jaume I.: <http://portal.educ.ar/debates/educacionytic/inclusion-digital/entornos-personales-de-aprendi.php>
- Adell, J., & Castañeda, L. (2012). Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino, & A. Vázquez, *Tendencias emergentes en educación con TIC* (págs. 13-32). Barcelona: Asociación Espiral, Educación y Tecnología.
- Aguaded, J., & Cabero, J. (2014). Avances y retos en la promoción de la innovación didáctica con las tecnologías emergentes e interactivas. *Educación*, 67-83.
- Aguilar, W., De las Fuentes, M., Rivera, R., & Iñíguez, C. (2018). Perfiles de estudiantes asociados a las características de reprobación de las asignaturas de ciencias básicas en ingeniería. *Boletín Redipe*, 7(2), 129-145.
- Ally, M. (2009). *Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education*. London: UBC Press.
- Almenara, J. (2007). Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: oportunidades, riesgos y necesidades. *Tecnología y comunicación educativas*, 24, 5-19.
- Alonso, C., Gallego, D., & Honey, P. (1999). *Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje. Interpretación, baremos y normas de aplicación*. Madrid: Mensajero.
- Alonso, C., Gallego, D., & Honey, P. (1999). *Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora* (4ª ed.). Bilbao: Mensajero.
- Amado, M., García, A., Brito, R., Sánchez, B., & Sagaste, C. (2014). Causa de reprobación en ingeniería desde la perspectiva del académico y administradores. *Ciencia y Tecnología*, 1(14), 233-250.
- Amor, M., & Águeda, Á. (2012). De la competencia digital y audiovisual a la competencia mediática: dimensiones e indicadores. *Comunicar*, 20(39), 25-34.
- Aragón, M., & Jiménez, Y. (julio-diciembre de 2009). Diagnóstico de los estilos de aprendizaje en los estudiantes: Estrategia docente para elevar la calidad educativa. (9).
- Area, M. (2008). La innovación pedagógica con TIC y el desarrollo de las competencias informacionales y digitales. *Revista de Investigación en la Escuela*, 1(64), 5-17.
- Area, M., & Sanabria, A. (2014). Opiniones, expectativas y valoraciones del profesorado participante en el Programa Escuela 2.0 en España. *Educación*, 50(1), 15-39.
- Area, M., Hernandez, V., & Sosa, J. (2016). Models of educational integration of ICTs in the classroom. *Comunicar*, 24(47), 79-87.

- Arrausi, J. (13 de noviembre de 2016). *Nueva Ecología del Aprendizaje y TICs*. Recuperado el 17 de septiembre de 2018, de Teaching designers alliance: <http://www.teachingdesigners.org/nueva-ecologia-del-aprendizaje-y-tics/>
- Arribas, J., Gutiérrez, S., Gil, M., & Santos, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274.
- Artigue, M. (2004). Problemas y desafíos en educación matemática: ¿Que nos ofrece hoy la didáctica de las matemáticas para afrontarlos? *Educación Matemática*, 6(3), 5-28.
- Ávila, G., & Erazo, S. (2011). Propuesta para la medición del impacto de las TIC en la enseñanza universitaria. *Educación y educadores*, 14(1), 169-188.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Bain, K. (2014). *Lo que hacen los mejores estudiantes en la universidad*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Balza, A. (2010). *Educación, investigación y aprendizaje. Una hermenéusis desde el pensamiento complejo y transdisciplinario*. Caracas: Los Morros.
- Bandler, R., & Grinder, J. (1982). *Frogs into princes: Neuro linguistic programming*. London: Royal Victorian Institute for the Blind Tertiary Resource Service.
- Baquerizo, R., Amechazurra, O., & Galarza, J. (2014). La repetición en las instituciones de Educación Superior: algunas experiencias investigativas en el Ecuador. *Universidad y Sociedad, Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 6(1), 102-107.
- Barba, C., & Capella, S. (2010). *Ordenadores en las aulas. La clave es la metodología*. Barcelona: Graó, de Irif, S.L.
- Barnes, S., Bravo, A., & Lopez, M. (2002). *Sistemas de gestión del conocimiento: teoría y práctica*. Madrid: International Thomson Editores.
- Barón, L., & Gómez, R. (2012). De la infraestructura a la apropiación social: Panorama sobre las políticas de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en Colombia. *Signo y pensamiento*, 31(61).
- Barriga, A., & Espinosa, C. (2001). El docente en las reformas educativas: Sujeto o ejecutor de proyectos ajenos. *Revista Iberoamericana de educación*, 1(25), 17-41.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: Una tecnología emergente*. Recuperado el 2 de noviembre de 2018, de Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU: <http://bit.ly/2hpZokY>
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J. (2010). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao: Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao.
- Bateson, G. (1977). *Vers une ecologie de l'esprit. Vol. 1*. París: Seuil.

- Bauman, Z. (2004). *Modernidad líquida* (3ª reimpresión ed.). México: FCE.
- Billinghurst, M., Kato, H., & Myojin, S. (2009). *Advanced Interaction Techniques for Augmented Reality Applications*. Berlin: Shumaker, R.
- Boaler, J. (2002). Learning from teaching: Exploring the relationship between reform curriculum and equity. *Journal for research in mathematics education*, 33(4), 239-258.
- Bolívar, J., & Rojas, F. (2008). Los estilos de aprendizaje y el locus de control en estudiantes que inician estudios superiores y su vinculación con el rendimiento académico. *Investigación y postgrado*, 23(3), 199-215.
- Bongiovani, P. (2013). *Realidad aumentada en la escuela: tecnología, experiencias e ideas*. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de Blog educ@conTIC: <http://www.educacontic.es/blog/realidad-aumentada-en-la-escuela-tecnologias-experiencias-e-ideas>
- Borracci, R., & Arribalzaga, E. (2015). Estilos de aprendizaje de Kolb en estudiantes de medicina. *Medicina*, 75(2), 73-80.
- Botello, H., & López, A. (2014). La influencia de las TIC en el desempeño académico: evidencia de la prueba PIRLS en Colombia 2011. *Revista Academia y Virtualidad*, 7(2), 15-26.
- Boude, O., & Medina, A. (2011). Desarrollo de competencias a través de un ambiente de aprendizaje mediado por TIC en educación superior. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 25(3), 301-311.
- Bransford, J. (1979). *Human cognition. Learning, understanding, and remembering*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Bressler, D., & Bodzin, A. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 505-517.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques*. Kluwer: Dordrecht.
- Brousseau, G. (2000). Educación y didáctica de las matemáticas. *Educacion matematica*, 12(1), 5-38.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Del zorzal.
- Buitrago, R. (2013). Estado del arte: Realidad aumentada con fines educativos. *Revista de Innovación e Investigación Ingeniería*, 2(3), 50-59.
- Buitrago-Pulido, R. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educ. Educ.*, 18(1), 27-41.
- Bujak, K., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544.

- Bustos, A., & Román, M. (2011). La importancia de evaluar la incorporación y el uso de las TIC en educación. *Revista Iberoamericana de evaluación educativa*, 4(2), 3-7.
- Cabero, J. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Tecnología, Ciencia y Educación*, 1(1), 19-27.
- Cabero, J. (2016). La educación a distancia como estrategia de inclusión social y educativa. *Revista mexicana de educación a distancia*, 1(15), 1-6.
- Cabero, J. (2017). Presentación: Aplicaciones de la Realidad Aumentada en educación. *Edmetec*, 6(1), 3-8.
- Cabero, J., & Barroso, J. (2016). Ecosistema de aprendizaje con «realidad aumentada»: Posibilidades educativas. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 1(5), 141-154.
- Cabero, J., & Llorente, M. (2008). La alfabetización digital de los alumnos. Competencias digitales para el siglo XXI. *Revista Portuguesa de Pedagogía*, 42(2), 7-28.
- Cabero, J., & Llorente, M. (2015). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): escenarios formativos y teorías del aprendizaje. *Revista Lasallista de Investigación*, 12(2), 186-193.
- Cabero, J., García, F., Casado, I., Gallego, O., Barroso, J., & Gómez, M. (2016). *Realidad aumentada: Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Cabero, J., Leiva, J., Moreno, N., Barroso, J., & López, E. (2016). Realidad Aumentada y educación. *Innovación en contextos formativos*, 1(50), 237-238.
- Cáceres, L. (2002). *Una aproximación al MCER: Principales contenidos, aportaciones y consecuencias prácticas*. Recuperado el 4 de octubre de 2018, de Actas XLI AEPE: https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/aepe/pdf/congreso_41/congreso_41_26.pdf
- Calder, N. (2012). *Mathematics: Catastrophe Theory, Strange Attractors, Chaos*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Magic Universe: The Oxford Guide to Modern: <http://hepatopatias-englishteaching-learning.blogspot.com/2012/01/mathematics-catastrophe-theory-strange.html>
- Calero, J., Choi, Á., & Waisgrais, S. (2010). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España: una aproximación a través de un análisis logístico multinivel aplicado a PISA-2006. *Revista de Educación*(Extra 1), 225-256.
- Calvo, F. (10 de marzo de 2014). *Las materias que más se pierden en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá*. Recuperado el 5 de septiembre de 2018, de Blog de la nacho: <http://www.pasaralaunacional.com/2014/03/materias-mas-perdidas-universidad-nacional-colombia-bogota.html>
- Camarena, G. (2006). La Matemática en el Contexto de las Ciencias en los retos educativos del siglo XXI. *Científica*(10), 167-173.
- Camarena, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Innovación educativa*, 9(46), 15-25.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380.

- Cantoral, R. (2001). Enseñanza de la matemática en la educación superior. *Sinéctica*, 1(19), 3-27.
- Casado, R. (2011). *El aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la creación de redes de aprendizaje colaborativo: la experiencia de Telefónica de España*. Recuperado el 29 de octubre de 2018, de UNAM:
http://repositorio.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2682/1/05_08.pdf
- Chamorro, M. (2001). *Dificultades del aprendizaje de las Matemáticas*. Madrid: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.
- Chang, H., Wu, K., & Hsu, Y. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), 95-99.
- Chen, C., & Tsai, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.
- Chen, C., & Tsai, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.
- Chevrier, J., Fortin, G., LeBlanc, R., & Théberge, M. (2000). Problématique de la nature du style d'apprentissage. *Éducation et francophonie*, 28(1), 3-19.
- Colonio, L. (2017). *Estilos de aprendizaje y rendimiento académico de los estudiantes de los cursos comprendidos dentro de la línea de construcción DAC-FIC-UNI (Tesis Maestría en educación)*. Lima: Universidad Cayetano Heredia. .
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo. El papel de las TIC en la política comunitaria de desarrollo*. Bruselas: Parlamento Europeo.
- Coraggio, J. (1998). Investigación educativa y decisión política. El caso del Banco Mundial en América Latina. *Perfiles educativos*, 20(79-80), 43-57.
- Cortés, H., Gallego, L., & Rodríguez, G. (2011). La Facultad de Ingeniería hoy: una aproximación hacia la construcción de indicadores académicos. *Ingeniería e investigación*, 31(1), 74-90.
- Coscollola, M., & Graells, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 1(37), 169-175.
- Craveri, A., & Anido, M. (2014). El aprendizaje de matemática con herramienta computacional en el marco de la teoría de los estilos de aprendizaje. *Journal of Learning Styles*, 2(3), 102-123.
- Crozier, M., & Friedberg, E. (1990). *El actor y el sistema: las restricciones de la acción colectiva*. México: Alianza México.
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M., & Colmenar, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274.
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*(68), 557-569.

- Curry, L. (1983). *An organization of learning styles theory and constructs*. Recuperado el 28 de octubre de 2018, de American Educational Research Association:
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED235185.pdf>
- D'Amore, B. (2006). *Didáctica de la Matemática*. Bogotá: Magisterio.
- D'Amore, B., Godino, J., & Fandiño, M. (2008). *Competencias y matemáticas*. Bogotá, D. C.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- De Miguel, M. (2005). Cambio de paradigma metodológico en la Educación Superior. Exigencias que conlleva. *Cuadernos de integración europea*(2), 16-27.
- De Pedro, J., & Méndez, C. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7(2), 102-108.
- Del Moral, M., Villalustre, L., & Neira, M. (2014). Oportunidades de las TIC para la innovación educativa en las escuelas rurales de Asturias. *Aula abierta*, 42(1), 61-67.
- Denyer, M., Furnémont, J., Poulain, R., & Vanloubbeeck, G. (2012). *Las competencias en la educación: Un balance*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Di Serio, A., Ibáñez, M., & Delgado, C. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Díaz, Á. (1997). *Ensayos sobre la problemática curricular*. México: Trillas.
- Díaz, J., & Martins, A. (1986). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje*. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Didaxis S.G.E. (2007). *Módulo concepto Didáctica*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de Ademarcor Lorica:
http://ademacorlorica.weebly.com/uploads/1/2/7/0/12706025/modulo_concepto_didactica.pdf
- Diego, R. (2014). La península de la Magdalena. Guía visual y aumentada. *Aula de innovación educativa*(230), 66.
- Dienes, Z., Tortella, J., & Azcárate, C. (1981). *Las seis etapas del aprendizaje en matemática*. Barcelona: Teide.
- Díez, V., & Robino, A. (2000). *La Informática Integrada en Proyectos de Lengua, Matemática, Ciencias Sociales y Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Aique.
- Donalisio, A., Godino, L., Martín, M., Martínez, J., Nieto, M., & Vallejos, M. (2008). *Problemáticas de aprendizaje en la formación docente que dificultan la generación de prácticas renovadoras: Un análisis en prácticas docentes de Educación Física*. Córdoba: IPEF.
- Doswell, J., Blake, M., & Butcher-Green, J. (2006). Fourth IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMTE'06). En J. Doswell, M. Blake, & J. Butcher-Green, *Mobile Augmented Reality* (págs. 121-123). Athens: IEEE.

- Downes, S. (2008). Places to go: Connectivism & connective knowledge. *Innovate: Journal of Online Education*, 5(1), 1-6.
- Dunn, R., & Dunn, K. (1984). *La Enseñanza y el Estilo Individual de Aprendizaje*. Madrid: Anaya.
- Dunn, R., Dunn, K., & Price, G. (1979). *Learning Style Inventory (LSI) for Students in Grade 3- 12*. Lawrence, Kansas: Price Systems.
- Durall, E., Gros, B., Maina, M., Johnson, L., & Adams, S. (2012). *Perspectivas tecnológicas: educación superior 2012-2017*. Austin: The new media consortium.
- Ebner, M., & Holzinger, A. (2007). Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. *Computers & Education*, 49(3), 873-890.
- Edel, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE Revista Interamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2), 1-15.
- Elliott, J. (2010). El estudio de la enseñanza y el aprendizaje: Una forma globalizadora de investigación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68(24), 201-222.
- Escardíbul, J., & Mediavilla, M. (2016). El efecto de las TIC en la adquisición de competencias. Un análisis por tipo de centro educativo. *Revista española de pedagogía*, 74(264), 317-335.
- Escobar, J., & Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 1(6), 27-36.
- Escobar, R., & Escobar, M. (2016). La relación entre el pensamiento complejo, la educación y la pedagogía. *Administración y Desarrollo*, 46(1), 88-99.
- Espinosa, A., González, K., & Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción del conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.
- Esteban, P., Trefftz, H., & Restrepo, J. (2006). Estrategias de visualización en el cálculo de varias variables. *18(45)*, 121-131.
- Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering. *Education*, 78(7), 674-681.
- Fernández, Y. (2011). Variables académicas que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. *Investigación educativa*, 15(27), 165-180.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics using SPSS*. Los Ángeles: SAGE.
- Flórez, R. (2005). *Pedagogía del Conocimiento* (2ª ed.). Bogotá, D. C.: McGraw-Hill.
- Fombona, J., & Vázquez, E. (2017). Posibilidades de utilización de la Geolocalización y Realidad Aumentada en el ámbito educativo. *Educación XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 20(2), 319-342.
- Fombona, J., Pascual, M., & Madeira, M. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(41), 197-210.

- Fombona, J., Pascual, M., & Madeira, M. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 1(41), 197-210.
- Fonseca, G., & García, F. (2016). Permanencia y abandono de estudios en estudiantes universitarios: un análisis desde la teoría organizacional. *Revista de la educación superior*, 45(179), 25-39.
- Fontalvo, W., Castillo, M., & Polo, S. (2014). Análisis comparativo entre las características más relevantes de deserción estudiantil en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Caribe. Estudiantes activos en el periodo 2013-01 y desertores académicos de los periodos 2011-01. *Escenarios*, 12(1), 96-104.
- Freire, P. (2006). *Pedagogía de la autonomía: saberes necesarios para la práctica educativa* (11ª ed.). México: Siglo XXI.
- Fundación Telefónica. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de Fundación Telefónica:
https://publiadmin.fundaciontelefonica.com/index.php/publicaciones/add_descargas?tipo_fichero=pdf&idioma_fichero=_&title=Realidad+Aumentada%3A+una+nueva+lente+para+ver+el+mundo&code=80&lang=es&file=Realidad_Aumentada_Completo.pdf
- Fuster, M. (2016). *Mejora de la capacidad espacial en el grado de diseño mediante estrategias docentes basadas en Realidad Aumentada (Trabajo Fin de Master de Aplicaciones Multimedia)*. Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya.
- Garbanzo, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Educación*, 31(1), 43-63.
- García, A., Basilotta, V., & López, C. (2014). Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria. *Comunicar*, 21(42), 65-74.
- García, D., & Bardí, B. (2017). *V Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'17)*. Barcelona: UPC IDP; GILDA.
- García, J. (2009). La calculadora científica y la obtención de la respuesta correcta. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 9(2), 1-19.
- García, J. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Educación*, 37(1), 29-42.
- García, J. (2014). Ingeniería, matemáticas y competencias. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 14(1), 1-29.
- García, L., & Ruiz, M. (2001). La educación en la sociedad del conocimiento. En R. Medina, T. Rodríguez, L. García, & M. (. Ruiz, *Teoría de la Educación*. Madrid: UNED.
- García, R., Traver, J., & Candela, I. (2001). *Aprendizaje cooperativo. Fundamentos, características y técnicas*. Madrid: CCS.
- García-Valcárcel, A. (2016). *Recursos digitales para la mejora de la enseñanza y el aprendizaje*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de Universidad de Salamanca:
<https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/131421/1/Recursos%20digitales.pdf>

- Gardner, H. (2016). *Estructuras de la mente: La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Gascón, J. (2002). Geometría sintética en la ESO y analítica en el Bachillerato. ¿Dos mundos completamente separados? *Suma*(39), 13-25.
- Gil, D., & Luna, A. (2008). Los estilos de aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. *Revista Complutense de educación*, 19(1), 95-112.
- Gil, F. (2011). Educación con teoría. Revisión pedagógica de las relaciones entre la teoría y la práctica educativa. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 23(1), 19-43.
- Godino, J. (2002). Competencia y comprensión matemática. ¿qué son y como se consiguen? *Revista Uno*(29), 9-19.
- Godino, J. (2003). *Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para maestros*. Granada: Facultad de ciencias de la educación.
- Godino, J. (2003). *Perspectiva de la didáctica de las matemáticas como disciplina científica*. Recuperado el 28 de octubre de 2018, de Documento de trabajo del curso de doctorado «Teoría de la educación Matemática»: <http://www.ugr.es/local/jgodino/>
- Godino, J. (2004). *Didáctica de las matemáticas para maestros*. Granada: Universidad de Granada.
- Godino, J., Batanero, C., & Font, V. (2004). *Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para maestros*. Granada: Universidad de Granada.
- Gómez, J. (2007). La pedagogía como saber profesional en la formación de docentes. *Educación y ciudad*, 2, 70-86.
- Gómez, M., Roses, S., & Farias, P. (2012). *El uso académico de las redes sociales en universitarios*. Obtenido de Comunicar.
- González, C. (2004). *The role of blended learning in the world of technology*. Recuperado el 16 de septiembre de 2018, de Coursehero: <http://www.unt.edu/benchmarks/archives/2004/september04/eis.htm>
- González, D. (2002). *El desempeño académico universitario: variables psicológicas asociadas*. Hermosillo, Sonora: PROMEP–UniSon.
- González, F., Sáez, K., & Ramírez, J. (2016). Perfiles de estilos de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de primer año de enfermería. *Ciencia y enfermería*, 22(1), 87-99.
- González, J. (2004). *Synchronization and control of chaos: an introduction for scientists and engineers*. London: Imperial College Press.
- González, L., & Espinoza, Ó. (2018). Calidad en la educación superior: concepto y modelos. *Calidad en la Educación*, 1(28), 248-276.
- Graells, P. (2013). Impacto de las TIC en la educación: funciones y limitaciones. *3C TIC*, 2(1), 1-15.

- Granollers, T., Lorés, J., Raimat, G., Junyent, E., & Tartera, E. (2002). *Vilars. Un nuevo modelo de diálogo aplicando Realidad Aumentada*. Madrid: III Congreso Interacción.
- Gros, B. (2001). De la cibernética a la cibercultura: herramientas conceptuales desde donde mirar el mundo cambiante. *Education in the Knowledge Society (EKS)*(2).
- Guitérrez, L., Buitrago, M., & Ariza, L. (2017). Identificación de dificultades en el aprendizaje del concepto de la derivada y diseño de un OVA como mediación pedagógica. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(20), 137-153.
- Gurrea, F. (2007). Infancia, juventud y tiempo: realidades y tendencias. En A. p. (Eds.), *I Congreso Nacional para racionalizar los horarios españoles* (págs. 52-55). Madrid: ARHOE.
- Gutiérrez, F. (2005). *Teorías del desarrollo cognitivo*. Madrid: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, L. (2012). Conectivismo como teoría de aprendizaje: conceptos, ideas, y posibles limitaciones. *Revista Educación y Tecnología*, 1(1), 111-122.
- Guzmán, M. (2007). Enseñanza de las ciencias y la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*(43), 19-58.
- Habermas, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa I*. Madrid: Taurus.
- Harman, S., & Brelade, C. (2007). *Managing human resources in the knowledge economy*. Vienna, Austria: Séptimo Foro Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reinversión del Gobierno.
- Hederich, C. (2005). *Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo Influencias culturales e implicaciones para la educación (Tesis doctoral)*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Psicologia Bàsica, Evolutiva i de l'Educació.
- Hemphill, F. C.-4. (2011). *Achievement Gaps: How hispanic and white students in public schools perform in mathematics and reading on the national assessment of educational progress. Statistical Analysis Report*. Washington, DC.: National center for education statistics.
- Hermosa, P. (2015). Influencia de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en el proceso enseñanza-aprendizaje: una mejora de las competencias digitales. *Revista Científica General José María Córdova*, 13(16), 121-132.
- Hernández, N. (2016). Reflexión teórica sobre la Declaración de Incheon Educación 2030 “Hacia una educación inclusiva y equitativa de calidad y un aprendizaje a lo largo de la vida de todos”. *Revista de Educación Inclusiva*, 9(2), 18-36.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). México, D. F.: McGraw-Hill.
- Hernando, M., Arévalo, C., & Catasús, M. (2015). Diseño de situaciones de aprendizaje mediadas por TIC en Educación Física. *Revista ibero-americana de educação*, 68(2), 63-82.
- Herrero, R. (2014). El papel de las TIC en el aula universitaria para la formación en competencias del alumnado. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 1(45), 173-188.

- Honey, P., & Mumford, A. (1986). *Using Your Learning Styles*. Maidenhead: PeterHoney Publications.
- Horner, D. (1996). *Words at Work*. Cambridge: University Press.
- Ibarra, M., Rodríguez, G., & Gómez, M. (2012). La evaluación entre iguales: beneficios y estrategias para su práctica en la universidad. *Revista de Educación*, 1(359), 206-231.
- ICFES. (3 de agosto de 2016). *Resultados Saber. Datos Abiertos*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de Gobierno Digital Colombia: <https://www.datos.gov.co/Educaci-n/Resultados-Saber-359-2016/xxvd-pxfu>
- ICFES. (24 de noviembre de 2017a). *Resultados agregados de los establecimientos educativos en las pruebas Saber 11, 2017-2*. Recuperado el 7 de septiembre de 2018, de Instituciones educativas y secretarías: <http://www2.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-11/resultados-agregados-saber-11/resultados-agregados-2017-2>
- ICFES. (2017b). *Guías de orientación*. Recuperado el 18 de septiembre de 2018, de Instituciones educativas y secretarías: <http://www2.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-11/guias-de-orientacion>
- Islas, C., & Delgadillo, O. (2016). La inclusión de TIC por estudiantes universitarios: una mirada desde el conectivismo. *Apertura*, 8(2), 116-129.
- Jantsch, E. (1979). Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. En A. Leo, G. Berger, A. Briggs, & G. Michaud, *Interdisciplinariedad: Problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades* (págs. 110-143). México: Biblioteca de la Educación Superior ANUIES.
- Jiménez, A., Díaz, M., & Leguizamón, J. (2011). Propuesta de modelo pedagógico para formar licenciados en matemáticas. *Praxis & Saber*, 2(3), 61- 86.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2012). *The 2011 Horizon Report*. Austin, TX: The New Media Consortium.
- Kalawsky, R., Hill, K., Stedmon, A., Cook, C., & Young, A. (2000). Experimental research into human cognitive. Processing in an augmented reality environment for embedded training systems. *Virtual Reality*, 5(3), 9-46.
- Kalawsky, R., Hill, K., Stedmon, A., Cook, C., & Young, A. (2000). Experimental research into human cognitive. Processing in an augmented reality environment for embedded training systems. *Virtual Reality*, 5(3), 9-46.
- Kamarainen, A., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M., y otros. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probe-ware with environmental education field trips. *Computers & Education*(68), 545-556.
- Kangdon, L. (2012). *Augmented reality in education and training*. Colorado: Universidad de Northern Colorado.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27(3), 339-345.

- Keefe, J. (1988). *Profiling and Utilizing Learning Style*. Reston, Virginia: NASSP.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2007). Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives - the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Klopfer, E., Perry, J., & Squire, K. M.-F. (2005). Collaborative Learning through Augmented Reality Role Playing. *International Society of the Learning Sciences*, 311-316.
- Kolb, D. (1984). *Experiencia de aprendizaje experiencial como fuente de desarrollo del aprendizaje*. New York: Prentice Hall.
- Kop, R., & Hill, A. (2008). Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9(3).
- Lamas, H. (2015). Sobre el rendimiento escolar. *Propósitos y Representaciones*, 3(1), 313-386.
- Leiva, J., Guevara, A., Rossi, C., & Aguayo, A. (2014). Realidad aumentada y sistemas de recomendación grupales: Una nueva perspectiva en sistemas de destinos turísticos. *Estudios y perspectivas en turismo*, 23(1), 40-59.
- Lesourd, F. (2004). *Les moments privilégiés en formation existentielle. Contribution multiréférentielle à la recherche sur les temporalités éducatives chez les adultes en transformation dans les situations liminaires (Thèse de Sciences de l'éducation)*. Paris: Université de Paris.
- Lin, T., Duh, H., Li, N., Wang, H., & Tsai, C. (2013). An Investigation of Learners' Collaborative Knowledge Construction Performances and Behavior Patterns in an Augmented Reality Simulation System. *Computers & Education*, 1(68), 314-321.
- Liu, T. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for language listening and speaking. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1(25), 515-527.
- López, G. (2014). La enseñanza de las matemáticas, un reto para los maestros del siglo XXI. *Praxis Pedagógica*, 14(15), 55-76.
- López, O., Hederich, C., & Camargo, Á. (2011). Estilo cognitivo y logro académico. *Educación y Educadores*, 14(1).
- López, S. (2016). Competitividad de la educación superior en cuatro países de América Latina: perspectiva desde un ranking mundial. *Revista de la educación superior*, 45(178), 45-59.
- Magendzo, A. (1997). *Curriculum, educación para la democracia en la modernidad*. Santiago de Chile: PIIIE.
- Mangrulkar, L., Whitman, C., & Posner, M. (2001). *Enfoque de Habilidades para la vida para un desarrollo saludable de niños y adolescentes*. Washington, D. C.: OPS.

- Maquilón, J., Mirete, A., & Avilés, M. (2017). La Realidad Aumentada (RA). Recursos y propuestas para la innovación educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(2), 183-202.
- Margalef, L. (2015). Los encuentros de innovación en docencia universitaria: un entorno para el aprendizaje colaborativo del profesorado y el alumnado. *PULSO. Revista de Educación*, 1(34), 257-258.
- Martin, M., Mullis, I., Foy, P., & Stanco, G. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science. International Association for the Evaluation of Educational Achievement*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Martínez, A. (2011). Estrategias metodológicas para operacionalizar la práctica educativa transdisciplinaria, en conjunto con los actores universitarios, en las licenciaturas del Centro de Estudios Universitarios Arkos (CEUArkos) de Puerto Vallarta Jalisco, México. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 31-56.
- Martínez, K., & Torres, L. (2017). Estrategias que ayudan al docente universitario a conocer, apropiar e implementar las TIC en el aula. Mesa de innovación. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(50), 159-172.
- Matt, C., & Mitchell, R. (2012). Affordances and Limitations of Immersive Participatory. *Augmented reality simulations for teaching and learning*, 18(1), 7-22.
- Maturana, H., & Varela, F. (1994). *L'arbre de la connaissance*. Paris: Addison-Wesley.
- McLuhan, M. (1990). *Leyes de los medios, la nueva ciencia*. México: D.F.: Conaculta y Alianza.
- Medina, W. (julio de 2013). *Aprendizaje Basado en Transdisciplinariedad Compleja*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de Metodologías, Estrategias y Herramientas Didácticas Para el Diseño de Cursos en Ambientes Virtuales de Aprendizaje en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD:
https://www.researchgate.net/publication/323756835_Metodologias_Estrategias_y_Herramientas_Didacticas_Para_el_Diseño_de_Cursos_en_Ambientes_Virtuales_de_Aprendizaje_en_la_Universidad_Nacional_Abierta_y_a_Distancia_UNAD_Disponible_en_httphdlhandlenet10
- Melo, L., Ramos, J., & Hernández, P. (2017). La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia. *Desarrollo y Sociedad*, 1(78), 59-111.
- MEN. (1999a). *Lineamientos Curriculares. Matemáticas*. Bogotá, D. C.: Ministerio de Educación Nacional.
- MEN. (1999b). *Nuevas tecnologías y currículos de matemáticas. Apoyo a los lineamientos curriculares*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- MEN. (2006). *Estandares Básicos de Competencias en Matemáticas*. Bogotá, D. C.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Mena, A., Golbach, M., & Véliz, M. (2009). *Influencia de los hábitos de estudio en el rendimiento de alumnos ingresantes*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de Universidad Nacional de

- Tucumán. Facultad de Ciencias Económicas:
<http://www.soarem.org.ar/Documentos/48%20Mena.pdf>
- Méndez, C. (2012). *Convergencia educativa y diversidad cultural en el EEES. Desde las aulas universitarias multiculturales de segundas lenguas (E/LE) hacia la competencia intercultural*. Salamanca: Universidad Salamanca.
- MEN-ICFES. (febrero de 2016). *Informe nacional de resultados*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de Colombia en PISA 2015: <http://www2.icfes.gov.co/en/docman/instituciones-educativas-y-secretarias/evaluaciones-internacionales-investigadores/pisa/pisa-2015/2934-informe-nacional-pisa-2015/file?force-download=1>
- Míguez, M., Crisci, C., Curione, K., Loureiro, S., & Otegui, X. (2007). Herramienta diagnóstica al ingreso a Facultad de Ingeniería: motivación, estrategias de aprendizaje y conocimientos disciplinares. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 8(1), 29-37.
- Ministerio de Educación Nacional. (13 de noviembre de 2003). *Resolución 2773. Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería*. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de Artículos: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86417_Archivo_pdf.pdf
- Moraes, M. (2007). Complejidad, transdisciplinariedad y educación: Algunas reflexiones. *Encuentros Multidisciplinares*, 9(25), 4-13.
- Moreira, M. (2012a). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum: Revista de teoría, investigación y práctica educativa*, 1(25), 29-56.
- Moreira, M. (2012b). Aprendizaje significativo, campos conceptuales y pedagogía de la autonomía: Implicaciones de la enseñanza. *Aprendizagem significativa en Revista*, 2(1), 44-64.
- Moreira, M., & Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.
- Morin, E. (2002). *La mente bien ordenada* (2ª ed.). Barcelona: Seix Barral.
- Morin, E. (2005). Epistemología de la complejidad. En J. Solana, *Con Edgar Morin por un pensamiento complejo. Implicaciones interdisciplinarias* (págs. 27-52). Madrid: Universidad Internacional de Andalucía - Ediciones Akál.
- Motta, R. (2002). Complejidad, educación y transdisciplinariedad. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 1(3), 1-21.
- Murcia, M., & Henao, J. (2015). Educación matemática en Colombia, una perspectiva evolucionaria. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 23-30.
- Murillo, J. (2007). *Resultados de aprendizaje en America Latina a partir de las evaluaciones nacionales*. Recuperado el 7 de septiembre de 2018, de UNESCO: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000155567>
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinarité manifeste*. (N. Núñez, & G. Denti, Trans.) Paris: Du Rocher.

- Nicolescu, B. (1998). *La transdisciplinariedad, una nueva visión del mundo. Manifiesto*. Paris: Du Rocher.
- Nicolescu, B. (2013). La evolución transdisciplinaria del aprendizaje. *Trans-pasando fronteras*, 1(4), 39-50.
- Nieda, J., & Macedo, B. (1997). *Organización De Estados Iberoamericanos Para La Educación, La Ciencia Y La Cultura. Un Currículo Científico para estudiantes de 11 a 14 años*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de Biblioteca Virtual OEI: <http://www.oie.org>
- Oliver, M., Eimer, G., Bálsamo, N., & Crivello, M. (2011). Permanencia y abandono en química general en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC). *Argentina Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(2), 117-129.
- Osorio, S. (2012). El pensamiento complejo y la transdisciplinariedad: fenómenos emergentes de una nueva racionalidad. *Investigación y reflexión*, 10(1), 269-291.
- Palma, A., Sánchez, N., & Mora, M. (2014). Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para apoyar la enseñanza de las matemáticas en educación secundaria. *Iztatl Computación*, 3(6), 57-64.
- Papagiannakis, G., Singh, G., & Magnenat-Thalmann, N. (2008). A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 19(1), 3-22.
- Parada, S. (2013). Alternativas curriculares para atender la problemática relacionada con el curso de cálculo diferencial de la Universidad Industrial de Santander. En S. Roa, J. Fiallo, & S. Parada, *Memoria del 4o Seminario Taller en Educación Matemática: La enseñanza del cálculo y las componentes de su investigación* (págs. 72-77). Bucaramanga: UIS.
- Parra, C. (2010). Intersecciones entre las TIC, la educación y la pedagogía en Colombia: hacia una reconstrucción de múltiples miradas. *Nómadas*(33), 215-226.
- Pemberton, L., & Winter, M. (2009). Collaborative Augmented Reality in Schools. *The International Society of the Learning Sciences*, 2, 109-111.
- Penalva, A., Hernández, M., & Guerrero, C. (2013). La gestión eficaz del docente en el aula. Un estudio de caso. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 16(2), 77-91.
- Pérez, E., Alfonso, N., & Curcu-Colón, A. (2013). Transdisciplinariedad y educación. *EDUCERE*, 17(56), 15-26.
- Pérez, M., Álvarez, J., Molero, M., López, M., & Gásquez, J. (2015). La realidad aumentada como instrumento para trabajar la convivencia (VERA). *Avances en psicología clínica*, 956-959.
- Piaget, J. (1972). The epistemology of interdisciplinary relationships. En C. -C. Innovation, *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities* (págs. 127-139). Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Piaget, J. (1991). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Labor S.A.
- Pita, B. (2006). *Modelos Curriculares*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

- Pochulu, M. (2005). Análisis y categorización de errores en el aprendizaje de la Matemática en alumnos que ingresan a la universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(4).
- Portilla, F., & Saussure, C. (2016). El uso del smartphone como herramienta para la búsqueda de información en los estudiantes de pregrado de educación de una universidad de Lima Metropolitana. *Educación*, 25(49), 29-44.
- Posadas, P., & Godino, J. (2017). Reflexión sobre la práctica docente como estrategia formativa para desarrollar el conocimiento didáctico-matemático. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, 1(1), 77-96.
- Pozo, J., & Monereo, C. (2009). Introducción: La nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambiar nuestras formas de enseñar y aprender. En J. Pozo, & M. (. Pérez, *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias* (págs. 9-28). Madrid: Morata.
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*(46), 187-203.
- Prieto, L. (2011). *El aprendizaje cooperativo* (3ª ed.). Madrid: PPC.
- Pulido, R. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y educadores*, 18(1), 27-41.
- Quintero, R., Vásquez, D., Estrada, J., Torres, N., & Archbold, C. (2010). *Informe sobre prueba académica y deserción estudiantil en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Bogotá, D. C.: Universidad Distrital "Francisco José de Caldas".
- Rabajoli, G. (2012). *Recursos digitales para el aprendizaje*. Recuperado el 24 de octubre de 2018, de Webinar:
<http://www.webinar.org.ar/sites/default/files/actividad/documentos/Graciela%20rabajoli%20Webinar2012.pdf>
- Rama, C. (2009). La tendencia a la masificación de la cobertura de la educación superior en América Latina. *Revista iberoamericana de educación*(50), 173-195.
- Ramírez, M., & García, F. (2017). La integración efectiva del dispositivo móvil en la educación y en el aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 29-47.
- Ramos, A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Av.psicol.*, 23(1), 9-17.
- Redondo, E., Sánchez, A., Narcís, J., & Regot, J. (2012). La ciudad como aula digital. enseñando urbanismo y arquitectura mediante mobile learning y la realidad aumentada. Un estudio de viabilidad y de caso. *ACE: Architecture, City and Environment*, 7(19), 27-54.
- Requena, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), 26-35.
- Rivera, E., Quispe, L., & Montalvo, C. (2011). Realidad aumentada e inteligencias múltiples en el aprendizaje de matemáticas. Concurso de Proyectos Feria Tecnológica IEEE INTERCON. *Concurso de Proyectos - Intercon*, 1-10.

- Rivera, F., & Vélez, B. (2015). La interpretación de la práctica pedagógica de una docente de matemáticas. *Acta Colombiana de Psicología*, 1(14), 87-96.
- Rodríguez, J., & Rojas, H. (2017). *Desarrollo de una aplicación móvil híbrida mediante realidad aumentada para potenciar el turismo en la ciudad de Quito*. Quito: EPN.
- Rodríguez, M. (2011). Elementos epistémicos de la tríada: matemática, cotidianidad y pedagogía integral. *Revista de formación e innovación educativa universitaria*, 4(3), 177-191.
- Rodríguez, P. (2015). Evaluación diagnóstica de competencias al ingreso a la Universidad. *Temas de educación*, 22(1), 13-32.
- Rohaya, D., Rambli, A., Matcha, W., Sulaiman, S., & Nayan, M. (2012). Design and Development of an Interactive Augmented Reality Edutainment Storybook for Preschool. *IERI Procedia*, 2, 802-807.
- Román, M. (2013). Factores asociados al abandono y la deserción Escolar en América Latina: Una mirada en conjunto. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 11(2), 33-59.
- Romero, L., Utrilla, A., & Utrilla, V. (2014). Las actitudes positivas y negativas de los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas, su impacto en la reprobación y la eficiencia terminal. *Ra Ximhai*, 10(5), 291-319.
- Rosin, H. (2006). Life lessons: How soap operas can change the world. *Annals Of Broadcasting*, 82(16), 40.
- Rubiano, F. (2015). *Efectos de las formas de comunicación en red sincrónica y asincrónica en el aprendizaje de los conceptos básicos del mercado en un ambiente computacional (Tesis Maestría)*. Bogotá, D. C.: Universidad de La Salle. Maestría en Docencia.
- Ruiz, D. (2011). La Realidad aumentada y su dimensión en el arte: La obra aumentada. *Arte y Políticas de Identidad*, 5(1), 129-144.
- Ruiz, D. (2015). *La realidad aumentada y su aplicación en el patrimonio cultural*. Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de Trea - Libros: <https://www.trea.es/books/la-realidad-aumentada-y-su-aplicacion-en-el-patrimonio-cultural>
- Ruiz, I., Santos, R., Carramolino, B., & García, S. (2008). Virtudes y desventajas de un equipo interdisciplinar ante el nuevo reto del EEES. Aportaciones a los procesos de innovación y a la integración de las TIC. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 7(2), 143-157.
- Runes, D. (1981). *Diccionario de Filosofía*. México: Grijalbo. S.A.
- Sabino, C. (2014). *El proceso de investigación*. Guatemala: Epistemé.
- Salkind, N. (1998). *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall.
- Samuel, V. (2016). *Concepción teórico-metodológica para favorecer la formación profesional pedagógica de los profesores de la Enseñanza Primaria en la República De Angola (Tesis Doctoral)*. La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.

- Sánchez, A. (6 de mayo de 2011). *Realidad Aumentada. Una experiencia real*. Recuperado el 24 de septiembre de 2018, de Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=XojvqauJyNg&feature=youtu.be>
- Sánchez, F. (2015). Gamificación. *Education in the Knowledge Society*, 16(2), 13-15.
- Sánchez, M., Guillamón, J., Ferrer, P., Martín, A., Pérez, J., & Villalba, E. (2008). Situación actual de los servicios de orientación universitaria: estudio descriptivo. *Revista de educación*(345), 329-352.
- Santos, I., & Ali, N. (2011). Exploring the uses of mobile phones to support informal learning. *Education and Information Technologies*, 17(2), 187-203.
- Schmeck, R. (1983). Learning styles of college students. En R. Dillon, & R. Schmeck, *Individual differences in cognition. Vol. I* (págs. 233-279). New York: Academic Press.
- Sefton-Green, J. (2006). Youth, technology and media cultures. *Review of research in education*(30), 279-306.
- Sepúlveda, M., López, M., Torres, P., Luengo, J., Montero, E., & Contreras, E. (2011). Diferencias de género en el rendimiento académico y en el perfil de estilos y de estrategias de aprendizaje en estudiantes de Química y Farmacia de la Universidad de Concepción. *Revista de estilos de aprendizaje*, 4(7), 1-16.
- Shin, D., & Chang, B. (2012). The psychology behind QR codes: User experience perspective. *Computers in Human Behavior*, 28(4), 1417-1426.
- Siemens, G. (12 de diciembre de 2004). *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital*. Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de UNAM:
<http://clasicas.filos.unam.mx/files/2014/03/Conectivismo.pdf>
- Siemens, G. (2010). *Conociendo el conocimiento*. Quintana, E.; Vidal, D.; Torres, L.
- Siemens, G. (2014). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*(1), 1-8.
- SPADIES. (2015). *Sistema de Información SPADIES*. Recuperado el 5 de septiembre de 2018, de Mineducación: <https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-propertyname-2895.html>
- Steen, L. (2008). *La enseñanza agradable de las matemáticas*. México: Limusa.
- Steiner, H. (1985). Theory of Mathematics Education (TME): An introduction. *For the Learning of Mathematics*, 5(2), 11-17.
- Stephenson, K., Gow, N., Davidson, F., & Gadd, G. (2014). Regulation of vectorial supply of vesicles to the hyphal tip determines thigmotropism in *Neurospora crassa*. *Fungal biology*, 118(3), 287-294.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2003). *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*. London: Sage.

- Tejada, C., Villabona, A., & Ruiz, E. (2013). Deserción y Repetición del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena Periodo 2006-2011. *Revista ciencia e Ingeniería al Día*, 8(1), 55-66.
- Tobar, H., Fabregat, R., & Baldiris, S. (2015). Augmented Reality Game-Based Learning for Mathematics Skills Training in Inclusive Contexts. *Informática Educativa Comunicaciones*(21), 39-51.
- Tryphon, A. (2000). *Piaget – Vygotsky: La Génesis Social del Pensamiento*. Buenos Aires: Paidós.
- Valencia, M. (2014). *Acción-actividad-relación al saber y lenguaje escrito en niños de quinto grado de una institución pública del municipio de candelaria (tesis de maestría)*. Cali: Universiad ICESI.
- Valerio, T. (2 de enero de 2014). *Profesor ¿para qué me sirve aprender matemáticas?* Recuperado el 28 de agosto de 2018, de Iberoamericana divulga:
<https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Profesor-para-que-me-sirve-aprender-matematicas>
- Vélez, A. (2013). *Estilos cognitivos y estilos de aprendizaje: una aproximación a su comprensión*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Vergara, M. (2 de noviembre de 2012). *E-learning, educación a distancia y teorías del aprendizaje en el Siglo XXI*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/e-learning-educacion-a-distancia-teorias-aprendizaje-siglo-xxi/>
- Viale, H. (2014). Una aproximación teórica a la deserción estudiantil universitaria. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria (RIDU)*, 8(1), 59-75.
- Vian, R. (2011). *Realidad aumentada. Fundamento y aplicaciones (Tesina)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Escuela politécnica superior de Gandía.
- Vidal, M., Lío, B., Santiago, A., Muñoz, A., Morales, I., & Toledo, M. (2017). Realidad aumentada. *Educ Med Super*, 31(2), 1-11.
- Villalba, A., & Salcedo, M. (2008). El rendimiento académico en el nivel de educación media como factor asociado al rendimiento académico en la universidad. *Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas*, 8(15), 163-188.
- Viñao, A., & Frago, A. (2002). *Sistemas educativos, culturas escolares y reformas: continuidades y cambios*. Madrid: Morata.
- Virvou, M., & Alepis, E. (2005). Mobile educational features in authoring tools for personalized tutoring. *Computers & Education*, 44, 53–68.
- Von Chrismar, A. (2005). *Identificación de los estilos de aprendizaje y propuesta de orientación pedagógica para estudiantes de la Univerisdad Austral de Chile (Trabajo final de Magister)*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. Cambridge. Cambridge: Harward University Press.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Barcelona: Paidós.

- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2016). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 95, 353.
- Yeng, O., Selvarajah, C., & Meyer, D. (2011). Inclination towards entrepreneurship among university students: An empirical study of Malaysian University students. *Int J Soc Sci Stud*, 2(4), 206-220.
- Ying, L. (2010). Augmented Reality for remote education. *3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering*, 3(3), 187-191.
- Zabalza, M. (2016). Ser profesor universitario hoy. *La cuestión universitaria*, 1(5), 68-80.
- Zaffaroni, G., & Braslavsky, C. (2006). Las actuales reformas educativas en América Latina: cuatro actores, tres lógicas y ocho tensiones. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 4(2), 1-26.
- Zafra, R. (2010). *Un cuarto propio conectado: (ciber) espacio y (auto) gestión del yo (Vol. 5)*. Madrid: Fórcola Ediciones.
- Zapata-Ros, M. (2015). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del "conectivismo". *Education in the Knowledge Society*, 16(1), 69-102.
- Zárate, M., Mendoza, C., Aguilar, H., & Padilla, J. (2013). Marcadores para la Realidad Aumentada para fines educativos. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 2(3).
- Zemelman, H. (1992). *Los horizontes de la razón. Tomos I y II*. México: Anthropos.
- Zemelman, H. (2004). En torno de la Potenciación del Sujeto como Constructor de Historia. En M. Laverde, G. Daza, & M. Zuleta, *Debates sobre el Sujeto. Perspectivas Contemporáneas*. Bogotá, D. C.: Universidad Central – DIUN – Siglo del Hombre Editores.
- Zemelman, H. (2010). Sujeto y subjetividad: la problemática de las alternativas como construcción posible. *Polis*, 1(27), 1-11.
- Zúñiga, C., & Morales, R. (2015). Medición y análisis de los resultados de la prueba básica de matemática aplicada a estudiantes que ingresan a la Fundación Universidad Autónoma de Colombia. *Revista Academia y Virtualidad*, 8(1), 66-75.